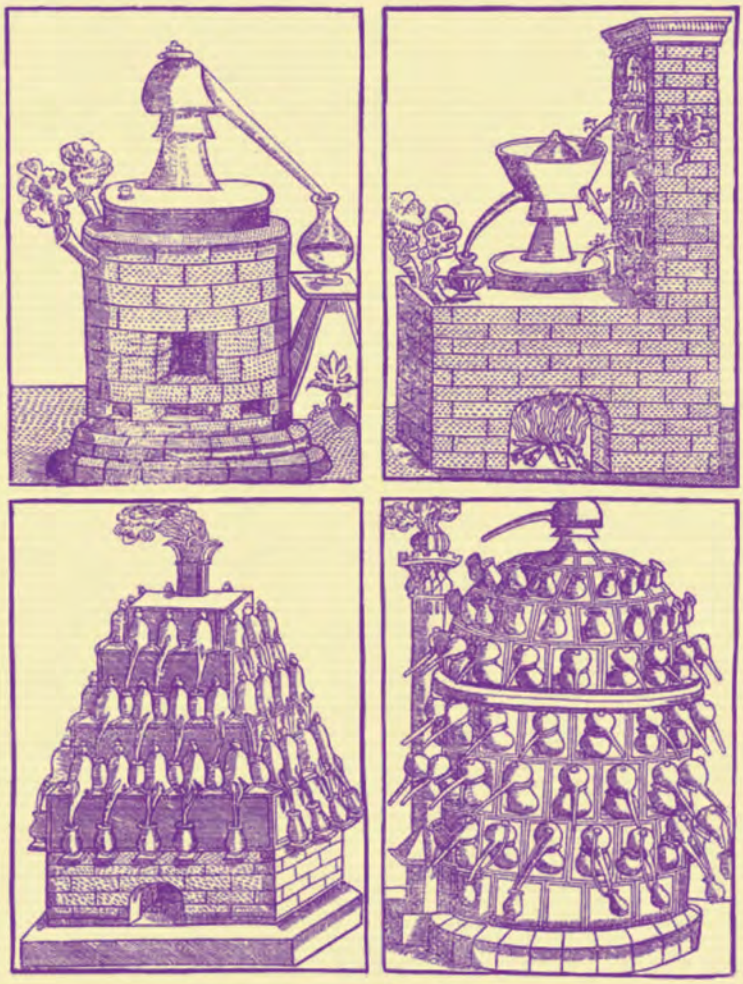
2.ª edición, corregida y aumentada

MANUEL SILVA SUÁREZ, ed.

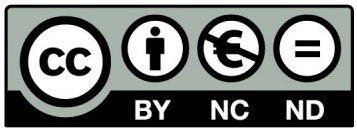
TÉCNICA E INGENIERÍA EN ESPAÑA
I

EL RENACIMIENTO
De la técnica imperial y la popular



REAL ACADEMIA DE INGENIERÍA
INSTITUCIÓN «FERNANDO EL CATÓLICO»
PRENSAS UNIVERSITARIAS DE ZARAGOZA

La versión original y completa de esta obra debe consultarse en:
https://ifc.dpz.es/publicaciones/ebooks/id/2872



Esta obra está sujeta a la licencia CC BY-NC-ND 4.0 Internacional de Creative Commons que determina lo siguiente:

- BY (Reconocimiento): Debe reconocer adecuadamente la autoría, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de una manera que sugiera que tiene el apoyo del licenciador o lo recibe por el uso que hace.

- NC (No comercial): La explotación de la obra queda limitada a usos no comerciales.

- ND (Sin obras derivadas): La autorización para explotar la obra no incluye la transformación para crear una obra derivada.

Para ver una copia de esta licencia, visite https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es.

MANUEL SILVA SUÁREZ, ed.

EL RENACIMIENTO

De la técnica imperial y la popular

(2.ª edición corregida y aumentada)

TÉCNICA E INGENIERÍA
EN ESPAÑA

MANUEL SILVA SUÁREZ, ed.

TÉCNICA E INGENIERÍA EN ESPAÑA

I

EL RENACIMIENTO

De la técnica imperial y la popular

Alicia Cámara Muñoz
Jordi Cartañà i Pinén
Fernando Cobos Guerra
Jesús Criado Mainar
Mariano Esteban Piñeiro
Nicolás García Tapia
Miguel Á. Granada Martínez
Alexander G. Keller
M.ª Jesús Mancho Duque
Pedro Mora Piris
Fernando Sáenz Ridruejo
Julio Sánchez Gómez
Manuel Silva Suárez
M.ª Isabel Vicente Maroto
Siro Villas Tinoco

REAL ACADEMIA DE INGENIERÍA
INSTITUCIÓN «FERNANDO EL CATÓLICO»
PRENSAS UNIVERSITARIAS DE ZARAGOZA

Publicación número 2.829
de la
Institución «Fernando el Católico»
(Excma. Diputación de Zaragoza)
Plaza de España, 2 • 50007 Zaragoza (España)
Tels.: [34] 976 288878/79 • Fax [34] 976 288869
ifc@dpz.es
http://ifc.dpz.es

FICHA CATALOGRÁFICA

SILVA SUÁREZ, Manuel
El Renacimiento: De la técnica imperial y la popular / Manuel Silva Suárez. — Zaragoza: Real Academia de Ingeniería : Institución «Fernando el Católico» : Prensas Universitarias, 2008

760 p. : il. ; 24 cm. — (Técnica e Ingeniería en España ; I)
ISBN: 978-7820-XXX-X

1. Ingeniería-Historia-S. XVI y XVII. I. SILVA SUÁREZ, Manuel, ed. II. Institución «Fernando el Católico», ed.

© De los textos, sus autores.
© De la presente edición, Real Academia de Ingeniería, Institución «Fernando el Católico», Prensas Universitarias de Zaragoza, 2008.

Cubierta: Diversos modelos de alambiques recogidos por Miguel Agustí en el libro *Secrets d'Agricultura, casa rústica i pastoril* (Barcelona, 1617). El uso más común de estos ingenios era la destilación de licores. No obstante, con el objetivo de conseguir restaurativos medicinales, también se empleaba para conseguir extractos de flores, cortezas, frutas y raíces, e incluso de animales como ranas, garzas, babosas u hormigas.

Contracubierta: Para romper una pieza defectuosa de artillería se construía un pequeño horno con el que se le calentaba por el lugar deseado. Una vez alcanzada la temperatura adecuada se rompía con golpes de maza. Con objeto de avivar el fuego se solía emplear una pareja de barquines como los mostrados. (*Discurso del Capitán Cristóbal Lechuga, en que trata de la Artillería y de todo lo necesario a ella con un tratado de fortificación y otros advertimientos,* Milán, 1611; fig. 27).

ISBN: 978-84-7820-814-2 (obra completa)
ISBN: 978-84-7820-975-0 (2.ª edición ampliada del volumen I)
Depósito Legal: Z-XXXX-08
Corrección ortotipográfica: Marisancho Menjón y María Regina Ramón
Maquetación: Littera
Impresión: ARPI Relieve, Zaragoza
IMPRESO EN ESPAÑA - UNIÓN EUROPEA

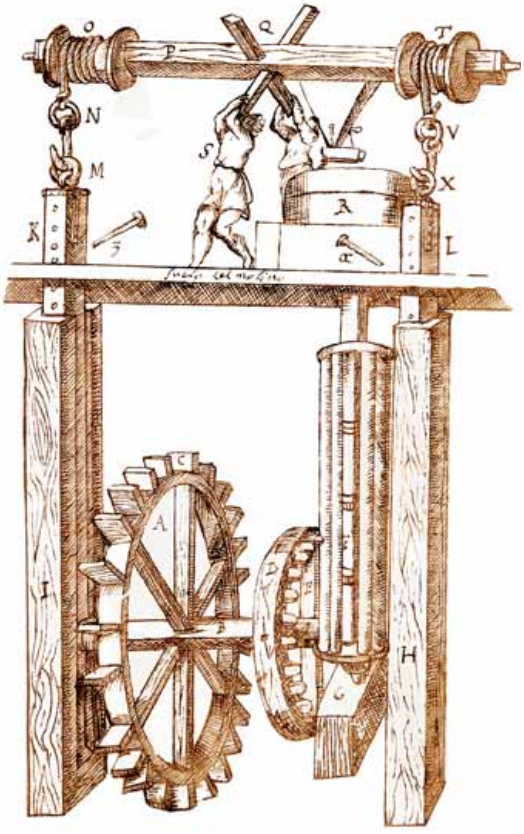
Nota previa a la segunda edición

Tocado por Fortuna, al aglutinar un importante esfuerzo colectivo de especialistas del primer nivel, el arranque de esta colección, para algunos enciclopedia, se saldó con el volumen I agotado antes de concluir el año de haber visto la luz. La crítica, en unos casos de amigos, en otros de especialistas cuya amistad ha sido un regalo posterior, la ha acogido con interés y satisfacción[1]. Por ello, desde el mismo 2005 hemos mantenido la firme intención de reeditarlo, algo que ahora se acomete limitándonos, por un lado, a la corrección de erratas de los textos previos, en algún caso a actualizar muy someramente la bibliografía, y por otro a la adición de dos capítulos «y medio» y casi una quincena de apuntes biográficos. Ello permite completar un tanto la esencialmente parcial impronta que un solo volumen sobre tema tan amplio y apasionante puede ofrecer.

Realidad poliédrica, compleja y consustancial al desarrollo de las civilizaciones, *la técnica es cultura e importante motor cultural*. Por ello, esta colección la aborda más allá de las perspectivas «internas», las que se centran exclusivamente en la concepción, el análisis y la síntesis de «artefactos». De este modo, se tienen en cuenta desde sus lenguajes de base (la lengua, el dibujo y las matemáticas, esencialmente), a conceptos, métodos y realizaciones singulares, y el patrimonio subsecuente. Por otro lado, se ambiciona poner en relación su desarrollo con el de mundos como el de las ideas, el de las valoraciones estéticas, el de las profesiones, o el de las consecuencias sociales del quehacer técnico. Es decir, se aspira a bosquejar una visión global y consistente, por naturaleza incompleta, de las actividades técnicas acometidas, y de la sociedad en que se desarrollan. Ciertamente con reflejos baconianos, en ocasiones

---

[1] Reflejos del concepto que ha guiado el diseño de la colección, en lo que sigue se adoptan a veces variaciones menores de expresiones empleadas por algunos de los revisores de la primera edición del volumen I en revistas, nacionales o internacionales. En particular de: G. Lusa, *Quaderns d'Historia de l'Enginyeria*, 2005; A. T. Reguera Rodríguez, *Biblio 3W*, 2005; J. Aracil, *Ingenio*, 2005; F. Sáenz Riduejo, *Cuenta y Razón*, *del pensamiento actual,* 2005; M. Fernández-Cañadas, *LLull*, 2005; P. Brioist, *Journal de la Renaissance*, 2006; L. Villena, *Castillos de España*, 2006; M. P. Diogo, *Nuncius*, 2007.



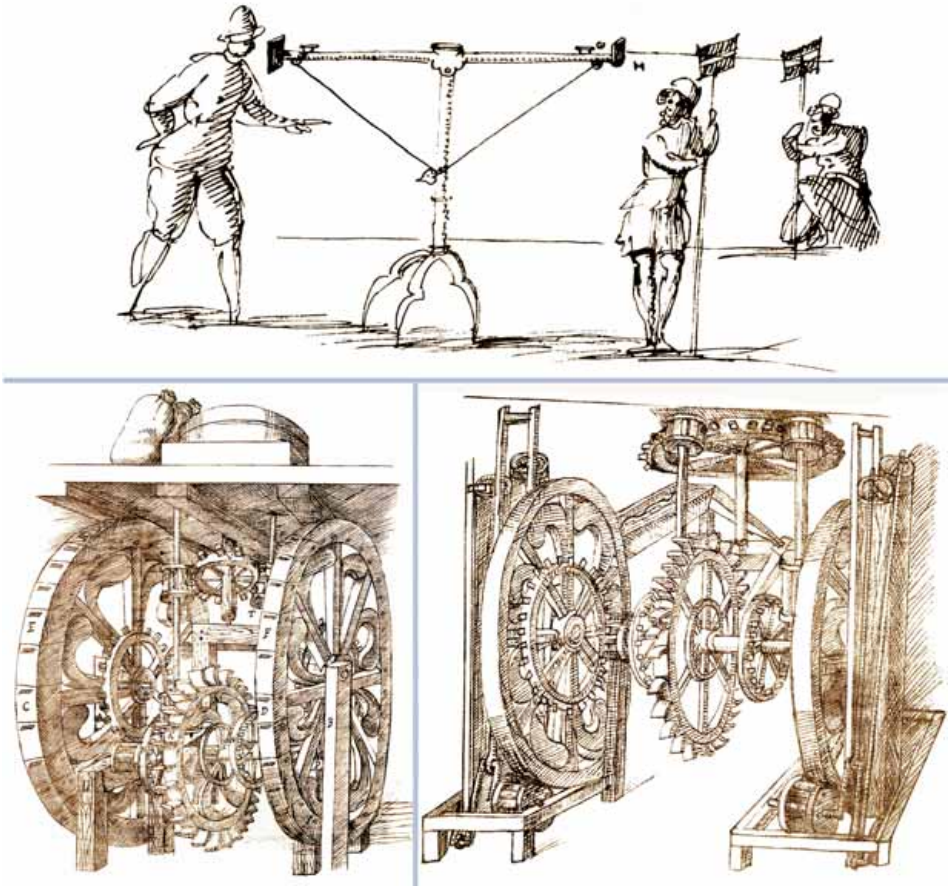
0.1. Una de las tres invenciones presentadas para graduar la elevación de una rueda vitruviana, *lo que en ríos sujetos a grandes crecidas permite un funcionamiento óptimo del molino. Empleado en la cubierta de la primera edición de este volumen, en 2004, el dibujo ilustra el manuscrito R. 5.794 (pág. 319) de la Colección Torner, de Barcelona. Junto con* Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas *(mss. 3372-3376, Bibl. Nacional de Madrid) y el* Trattato dell'Acque *(códice «Panciatichi 200», Bibl. Centrale de Florencia), los tres escritos en castellano, son las versiones hoy conocidas del más importante tratado de ingeniería hidráulica renacentista de Europa. Excluidas las construcciones euclidianas del apéndice del códice catalán, «Principios de Geometría», de las 530 figuras diferentes que aparecen en el trío, 258 se observan en los tres manuscritos, entre ellas la aquí mostrada. Una veintena no se contiene en el códice matritense, el más completo. (La contracubierta de la edición de 2004 es la parte superior de la ilustración 1.3).*

trasluce la necesidad de sobrepasar el limitado esquema unidireccional que sitúa a la ciencia o teoría en primer lugar, y después la técnica o práctica como corolario. La multitud de ejemplos históricos de ello es elocuente.

Los textos que se reúnen son, por un lado, síntesis enraizadas en largas trayectorias de investigación y, por otro, nuevas líneas que, incluso si presentadas por primera vez, muestran una notable madurez. En este sentido, se ofrecen aspectos inéditos, reuniendo ideas raras veces puestas en contacto hasta el presente. Los tres ejes principales alrededor de los que se organizan los materiales son: el epistemológico y hermenéutico; los procesos de afirmación e institucionalización de la ingeniería y «profesiones conexas», y la consideración de algunos sectores técnicos trascendentes, a los que la ingeniería ha contribuido de forma decisiva.

Aunque forzosamente incompletos, la colección pretende plantear análisis multidisciplinares, abordando aspectos filosóficos, sociológicos, técnicos, científicos, estéticos y lingüísticos, en periodos históricos sucesivos. Más que la yuxtaposición de contribuciones específicas, se intenta ofrecer una visión panorámica y plural. Es empresa que pretende poner a disposición de los lectores un importante material

documental y bibliográfico, a la vez que proponer pistas de reflexión que van más allá de la historia de la técnica (tomada en sentido restrictivo), en la dirección —pero sin invadirlas— de la historia económica, la social y la política. Nuestro propósito es interesar no solo a los especialistas de la historia de la técnica y la ciencia en España, también a los que se preocupan por esta temática a nivel internacional, incluso a ingenieros, arquitectos e historiadores en general.



***0.2. Dibujos no contenidos en* Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas** *(h. 1585-1610, con mayor probabilidad h. 1590-1605): (1) Nivel de agua (*libella aquaria*), que verosímilmente no aparece «por olvido» o «dejación» de los copistas. Esta imagen pertenece al códice Panciatichi 200 (posterior a 1585, probablemente anterior a 1590). Análisis paleográficos, lingüísticos, gráficos y diversas circunstancias históricas permiten atribuírselo a Tiburcio Spannocchi, «ingeniero del rey» que sirvió a las órdenes del Marqués de Santa Cruz; (2 y3) Complejos dispositivos para moler y elevar agua. A pesar del interés que supone la presencia de una rueda hidráulica de eje horizontal con «palas curvas» (en el centro abajo), se dice que funcionan en aguas muertas, buscando una suerte de movimiento continuo. Solo aparecen en el Códice Torner (h. 1590-1620). Ninguno de los tres códices conocidos es copia directa de otro, por lo que hubieron de existir otros.*

Con respecto a la primera edición, los grandes cambios introducidos en este volumen han sido: desdoblar el anterior capítulo sobre «El arte de navegar y la construcción naval» en dos (ahora capítulos 14 y 15). No se afectan sustancialmente los contenidos en el primero, duplicando la atención prestada al segundo en el ámbito hispano-portugués, de reinos que se unifican bajo Felipe II, a comienzos de los años ochenta del Quinientos. La artillería ve ahora reforzada su presencia con el análisis de un significativo conjunto de tratados escritos por súbditos peninsulares de la Corona. Una de las ausencias de las que nos lamentábamos en la presentación de la primera edición, «lo relativo al mundo agrario, de una importante tradición y concluyente alcance poblacional», se cubre ahora con un tratamiento basado, como en los dos casos anteriores, en la tratadística generada. Si a modo de brevísimo resumen cabe hacer un máximo común divisor de las conclusiones parciales de estos tres capítulos, es la calidad y cantidad de textos editados o manuscritos, reflejo de un saber hacer muy importante, así como su influjo en la literatura europea, tanto la coetánea, como la posterior. Conviene asimismo observar que todos estos textos fueron escritos en lenguas romances (esencialmente en castellano, también en catalán, italiano y portugués), no en latín, lengua preferente en ámbitos como el eclesiástico o el universitario.

Si en la primera edición de este primer volumen ya se evidenciaba la coexistencia de la técnica imperial y la popular, algo incluso patentizado en la cubierta de ese volumen merced a la Navegación y la Protoindustria (molienda de cereal), ahora, centrados en las adiciones, la Artillería y la destilación –evocada desde la Agronomía y geoponia– apuntan de nuevo semejante complementaridad.

Tras esta nota previa, el lector encontrará la presentación inicial, simplemente matizada en algún punto (básicamente lo presentado entre corchetes, [ ]) con objeto de reflejar la materialidad de ese volumen.

Por prudencia, terminamos haciendo explícitos solo dos de las muchas «ausencias» adicionales que en un futuro nos gustaría ver en vías de superación. Nos atrevemos a enunciarlas por si Fortuna se acuerda otra vez de este volumen y algún día se hace conveniente una edición nuevamente ampliada: el diseño y la construcción arquitectónica civil (el arte de la montea, peculiaridades de las técnicas constructivas hispanas...) y el arte de la pesca (navíos, almadrabas, jábegas, etc.) e industrias derivadas (salazones, escabeches, ceciales, etc.). ¡Que así sea!

Manuel Silva
Universidad de Zaragoza
De la Real Academia de Ingeniería

Presentación

MODERNIDAD Y TÉCNICA EN EL IMPERIO

Desde una nueva confianza en la razón, a partir de la recuperación de valores de la Antigüedad Clásica propugnada por el Humanismo, en el Renacimiento se asiste a un proceso de modernización vigorosamente dominado por la idea de progreso. Partiendo de una nostalgia erudita, se termina mostrando el orgullo por la superación no solo del saber disponible en la Edad Media, sino de la herencia de los clásicos. La sustitución de la autoridad como criterio científico-técnico por la experiencia y capacidad de raciocinio personal es una de las grandes aportaciones de un periodo de transición y replanteamiento, que va mucho más allá de la mera recuperación de la cultura greco-romana. En el marco de la técnica hispana son ejemplos de esta aludida superación: el «arte de navegar», que, empleando palabras de Martín Cortés, conseguirá «dar guía a una nao engolfada donde solo agua y cielo verse puede»; la navegabilidad, antes impensable, de ríos como el Tajo hasta Toledo; la irrigación de nuevos territorios mediante presas como la de Tibi, récord mundial de altura hasta el siglo XVIII; o la explotación con eficiencia inimaginable de recursos mineros, «la savia del imperio», con mejoras sustanciales tanto en los procesos extractivos como en los metalúrgicos, la amalgamación en particular.

El «arte de navegar» madurará merced a la aplicación del conocimiento cosmográfico acumulado desde la Antigüedad y perfeccionado en la Edad Media. Por el contrario, la metalurgia se desarrollará de forma esencialmente empírica, sin un esquema conceptual director. Por su parte, la ingeniería de fortificación y la artillería, o «el arte de las máquinas», comenzarán a emplear las matemáticas de forma más o menos rudimentaria, utilizando en primer lugar la geometría euclidiana y la aritmética.

Frente a la rígida diferenciación entre artes liberales y mecánicas, con origen en el mundo clásico, se produce una cierta dignificación de las segundas, generándose nuevos perfiles profesionales de carácter técnico enmarcables en las «artes liberales»: ingenieros, arquitectos o geógrafos-cartógrafos, por ejemplo. El Renacimiento es época de inflexión en la que se complementan descubrimientos geográficos mayores y avances técnicos diversos, configurándose una nueva valoración de la ciencia y la técnica, tanto por su utilidad práctica como por su contribución a un mejor conocimiento de la Naturaleza. Periodo de gran capacidad técnica creadora, son relativamente escasas las grandes invenciones. Las tres innovaciones mayores

son: los descubrimientos geográficos, que necesitan de importantes mejoras en procedimientos de pilotaje náutico, en instrumentos de medida, en cartografía y en arquitectura naval, lo que permite una primera aproximación integral a la realidad del globo terráqueo; la artillería, primero forjada y después fundida, que renueva profundamente el arte militar, es impulsora de cambios radicales en las técnicas de fortificación y de procesos de concentración del poder político; y la imprenta, que «democratiza» no solo la palabra, sino también la imagen, consagrándose como vehículo de comunicación de un poder jamás soñado. La difusión del conocimiento técnico impulsada por la imprenta atenta contra los procesos de transmisión oral en el tajo o taller, paradigmáticos de la tradición gremial.

La realidad de las contribuciones científico-técnicas hispanas del siglo XVI se puede apreciar fácilmente, ya que, como afirma J. M.ª López Piñero, «fueron traducidas a otros idiomas o reimpresas en otros países 206 obras científicas españolas, es decir, más de una cuarta parte del total. Dichas obras alcanzaron hasta 1800 la importante cifra de 1.226 ediciones extranjeras»[1]. En otros términos, en Europa, entre traducciones y reediciones, se superó ampliamente el millar de libros científicos y técnicos hispanos en este periodo. La ingeniería y la arquitectura (militar, civil y naval), la cosmografía y el arte de navegar, el arte militar, la geografía y la historia natural, la minería y la metalurgia o la medicina son especialidades en las que las aportaciones españolas del siglo XVI y comienzos del XVII tienen especial relevancia.

El presente volumen se concentra primordialmente, pero no de forma exclusiva, en las actividades técnicas relativas a la ingeniería, «la técnica por antonomasia» al decir de Ortega y Gasset, y «oficios matemáticos» conexos. En sentido laxo, se entenderá por ingeniería el conjunto de labores precursoras de las hoy reconocidas como tal. De este modo, «machinarios» o «machinistas», mineros y metalúrgicos, «fontaneros», «niveladores de las aguas», «maestros de hacer presas» o arquitectos hidráulicos tendrán cabida como precedentes de los actuales ingenieros. En conjunto, de forma explícita o implícita, entre los perfiles profesionales técnicos que se considerarán, según la terminología contemplada por Juan de Herrera en su *INSTITUCION de la Academia Real Mathematica*, se encuentran los:

> *Geómetras* diestros en el medir todo género de superficies, cuerpos campos y tierras [...] *Cosmógrafos* scientíficos para situar las tierras, y descriuir las prouincias y regiones, *Pilotos* diestros y cursados en navegaciones que sepan guiar con seguridad las flotas y poderosas armadas [...] *Architectos* y *fortificadores* fundados que con fábricas magníficas, y edificios públicos, y particulares ennoblezcan las ciudades, y las fortifiquen y defiendan asegurándolas del ímpetu de los enemigos. *Ingenieros* y *Machinistas*, entendidos en la arte de los pesos, fundamento para hazer y entender todo género de Machinas, de que la vida política y Económica se sirve. *Artilleros* y *maestros de instrumentos y aparatos béllicos* [...] Y asi mismo *fontaneros* y *niveladó-*

[1] J. M. López Piñero: *Ciencia y Técnica en la Sociedad Española de los siglos XVI y XVII*, Ed. Labor, Barcelona, 1979, p. 146.

> *res de las aguas* para los aguaductos y regadíos...Y para desaguar y beneficiar las minas de ricos metales [...] [2].

Relación en la que faltan las actividades referentes al ensayo de metales y metalurgia, entonces especialidad empírica pero de gran trascendencia económica, en la que ya era conocida la importante contribución técnica de Bartolomé de Medina en el Nuevo Continente (1554-55).

En cualquier caso, al solicitar Herrera de los artilleros que «deben de saber como se funde al artillería, que mezcla lleva de metales» se hace mención al ámbito metalúrgico, pero no al extractivo-separador de minerales. Tampoco aparece reflejado el ámbito agroforestal, estableciéndose tan solo mención detallada a «el Geómetra, o Mensurador de tierras campos y qualquier genero de superficies, cuerpos, alturas [y] profundidades»[3]. Por otro lado, las tres bellas artes básicas aparecen reflejadas en la definición programática de la técnico-artística y civil-militar Academia Real Mathemática.

En el marco temporal, el presente volumen comprende esencialmente el reinado de los Reyes Católicos y el siglo XVI, adentrándose a veces en las primeras décadas del XVII, marcado inercialmente por el último tercio del Quinientos, periodo en el que ya se observaban síntomas de agotamiento. Habrá ingenieros nombrados por el rey, otros se autodenominarán así o serán reconocidos como tales «por el vulgo». Los designados por el rey podrán tener nombramientos de carácter permanente, o bien gozarán puntualmente de tal reconocimiento para determinadas obras. En su mayoría poseerán una formación científica destacada[4]; su misión fundamental será la fortificación, pero también participarán en la realización de obras para hacer navegables los ríos o en la construcción de canales, presas, caminos, palacios, jardines, fundiciones, ingenios y molinos. Además de los designados por el rey, otros «ingenieros» surgirán desde el artesanado o en relación con las nacientes categorías de artistas. Combinando experiencia y ciencia, serán ingenieros algunos militares como Luis de Escrivá, arquitectos como Juan de Herrera o cosmógrafos como Juan Jorge Setara. También se podrán considerar como tales algunos artesanos destacados como el fustero Jaime Fanegas, el metalista Guillén Tuxarón o el mecánico-inventor Francisco Lobato e, incluso, eclesiásticos como el carmelita descalzo fray Mariano Azaro *el Ermitaño*.

---

[2] J. de HERRERA: *Institución de la Academia Real Matemática*, Madrid, 1584, fols. 2r-3r (Ed. facsímil y estudios preliminares de José Simón Díaz y Luis Cervera Vera, Instituto de Estudios Madrileños, Madrid, 1995). Además se mencionan los: *aritméticos teóricos y prácticos*, *astrónomos*, *músicos expertos en aritmética, horologiógraphos* (relojeros), *perspectivos, pintores y scultores.*

[3] J. de HERRERA, *op. cit.*, fol. 9r.

[4] Aunque con excepciones como pueda ser el caso de Jerónimo de Borja. Referido como ingeniero, se confiesa en diversas ocasiones «hombre que no ha estudiado ni sabe latín» (v. R. GONZÁLEZ CASTRILLO: «Inventos y artificios de Jerónimo de Borja, ingeniero militar del siglo XVI», *Hispania*, LI/1, n.º 177, 1991, pp. 103-151).

El control del territorio hará que algunos se autotitulen geógrafo y arquitecto militar, arrogándose a veces capacidades como historiador, como es el caso de Leonardo Turriano, que llegó a ser nombrado Ingeniero Mayor de Portugal bajo Felipe III. Además, ingenieros de fortificación y cosmógrafos fueron frecuentemente cartógrafos. En cualquier caso, y en sentido ptolemaico, corografía-topografía es disciplina a la que también contribuyeron los ingenieros de la época. Desde un punto de vista sociológico, básicamente en el entorno de lo militar, los hubo de extracción nobiliaria como Jerónimo de Ayanz y Beaumont, e incluso de alta alcurnia, como Bernardino de Mendoza. Para artesanos «distinguidos», ser ingeniero era una forma de promoción social. En todo caso, y al igual que los arquitectos, los ingenieros no constituían una especialidad o nivel profesional bien estructurado, reconocible por una reglamentación y pruebas de entrada definidas, como ocurría, por ejemplo, con cirujanos, boticarios o pilotos de la Carrera de Indias.

Las ingentes necesidades de técnicos por parte del imperio hacen que, en los más diversos campos, se articulen políticas de captación y formación. Por un lado se contratan extranjeros, no siempre súbditos pertenecientes a otros territorios de la Corona, lo que llegó a plantear, a veces, dificultades de integración y fidelidad. En lo educacional perviven los esquemas tradicionales, a la sombra de maestros, lo que explica la existencia de algunas sagas familiares en las nuevas profesiones; pero comienzan a crearse instituciones específicas para la enseñanza de las técnicas. Particularmente importante fue la Casa de la Contratación, en su dimensión científico-técnica la primera institución gubernamental europea con funciones de enseñanza y desarrollo de un «arte». Aunque a menudo infradotada en relación con las tareas que tenía encomendadas, lo que le impidió disfrutar de un ámbito más especulativo que potenciara los desarrollos conceptuales, fue paradigmática del conocimiento en navegación y cartografía en el Quinientos, sobre todo en sus dos primeros tercios. En 1582 Felipe II fundó la mencionada Academia Real Mathematica, en la Villa y Corte. A diferencia de las universidades, y merced a la voluntad real, en las dos instituciones mencionadas la enseñanza se impartía en castellano, «para que tanto bien sea a todos más fácilmente aprendido y comunicado». No obstante, las diferencias entre las dos instituciones fueron significativas: la primera, en un sector especializado, con ciertas depreciaciones dictadas por diversas circunstancias socioeconómicas, en clara ruptura con la tradición formativa de origen gremial, impartió estudios reglados, examinando y emitiendo las oportunas licencias profesionales a los «pilotos de la Carrera de Indias», así como creó y actualizó las cartas náuticas necesarias, el padrón real en particular. La Academia matritense ni examinó ni expidió títulos, limitando su actuación a lo docente. A pesar de ser un ambicioso proyecto cuya «concepción era en lo científico tan grandiosa como el monasterio escurialense en lo arquitectónico»[5], su alcance fue mucho más modesto,

[5] J. Simón Díaz: «Nueva Imagen de la Academia de matemáticas a la luz de la *Institución* de Juan de Herrera», en J. de Herrera, *op.cit.*, p. 9.

limitándose a cuestiones relativas a la cosmografía-navegación y a la fortificación, esencialmente. En ambos casos se observa una incipiente secularización del conocimiento científico-técnico y un moderno proceso de socialización de la actividad correspondiente.

El presente texto es el primer volumen de una serie que pretende plantear análisis multidisciplinares, aunque forzosamente incompletos, abordando aspectos filosóficos, sociológicos, técnicos, estéticos y lingüísticos, en periodos históricos sucesivos.[6] Con carácter previo al estudio del periodo renacentista, en el primer capítulo de este volumen se realiza un breve *excursus* lexicográfico donde se bosquejan reflexiones de corte histórico y conceptual en torno a términos como arte, técnica, ingeniería, arquitectura, ciencia y tecnología. Los capítulos siguientes se pueden contemplar estructurados en dos partes. En la primera se abordan cuestiones de corte general u horizontal, mientras que en la segunda se introducen diversos sectores de actividad técnica. El reconocimiento intelectual y económico de la invención completa el panorama. Además, con objeto de presentar a los personajes que desfilan por estas páginas, se ha introducido un anexo con un centenar y pico de breves notas biográficas [ahora 116, al contar las 14 añadidas en esta segunda edición].

La primera parte se abre propiamente con el segundo capítulo, donde Miguel Ángel Granada, tras los preliminares dedicados al lugar de las artes mecánicas en el conjunto del saber antiguo y medieval, y a propósito de la evaluación y *status* social de las técnicas, aborda la *Valoración Filosófica de la Técnica*, presentando los cambios acontecidos en el Renacimiento. Concluye con un examen de la reivindicación de las «artes mechanicae» por parte de Francis Bacon a comienzos del siglo XVII. Los capítulos tercero y cuarto ofrecen elementos sociológicos sobre los actores de la técnica. Siro Villas presenta la *Estructura y dinámica de un «modelo» gremial*. Parte de su organización interna, considerando el gremio en tanto que célula de producción material, elemento de integración social, instrumento de control político y factor de seguridad vital y celestial. En *La profesión de ingeniero*, objeto del análisis que ofrece Alicia Cámara en el capítulo cuarto, se expone como durante el siglo XVI, cuando la cultura del Renacimiento se expande por Europa, la profesión de ingeniero se va definiendo paulatinamente, siempre en relación con los avances científicos que permiten transformar la realidad. Se consideran especialmente los ingenieros al servicio directo de la monarquía española, los que podríamos denominar «ingenieros del rey», expertos en la guerra, pero también en la paz.

El Estado moderno, el imperio, demandó la presencia de un alto número de técnicos al servicio del poder. Pilotos, cosmógrafos, cartógrafos, artilleros, ingenieros militares y civiles..., muchas veces confluyendo varios perfiles en un mismo perso-

[6] [La edición original de 2004 contenía 15 capítulos. Buscando una lectura coherente con lo que se presenta en esta segunda, se apuntan al pasar las novedades, esencialmente los actuales capítulos 11, 15 y 16.]

naje, eran requeridos continuamente por los Consejos Reales. En el quinto capítulo, Mariano Esteban traza el panorama de las *Instituciones para la formación de los técnicos*. Representaron los primeros intentos institucionalizados europeos para la enseñanza de las técnicas. El capítulo sexto está dedicado a la *Técnica y la Estética*: Jesús Criado se centra en los tratados de arquitectura civil. Incidiendo sobre la nueva práctica cimentada en un mayor conocimiento de la base teórica, en la que se separa con criterios racionales la labor de creación y la de ejecución material, recuerda que ello permitió la categorización de la arquitectura y la ingeniería como artes liberales.

Los dos capítulos siguientes consideran la lengua y el dibujo, dos de los tres lenguajes imprescindibles para la técnica. No todos los temas importantes podían tener cabida en menos de una veintena de capítulos. La ausencia del lenguaje matemático en tanto que disciplina autónoma, en tanto que ciencia, puede «justificarse» porque, aun siendo un lenguaje esencial, su uso en el ámbito de la técnica renacentista se reduce en gran parte a contenidos bastante tradicionales[7], básicamente a la geometría y a la aritmética heredadas del *Quadrivium* medieval. Quede claro, sin embargo, que esta elección no supone en absoluto una minusvaloración de los desarrollos matemáticos renacentistas[8] que posteriormente serán utilizados para representar, analizar y calcular creaciones técnicas. Además, es fundamental reseñar que el Renacimiento apunta la incipiente matematización sistemática y rigurosa de la ciencia y la técnica, transformándolas de meramente cualitativas y empíricas en cuantitativas, buscando leyes precisas y comprobables. La necesidad de *Scienza Nuova* queda bien caracterizada merced a la conocida reflexión de Galileo:

> La filosofía está escrita en ese grandísimo libro que tenemos abierto ante los ojos, quiero decir, el universo, pero no se puede entender si antes no se aprende a comprender la lengua, a conocer los caracteres en los que está escrito. Está escrito en lengua matemática y sus caracteres son triángulos, círculos y otras figuras geométricas, sin las cuales es imposible entender ni una palabra; sin ellos es como girar vanamente en un oscuro laberinto[9].

Por último, cabe observar que en métodos y construcciones del dibujo, el articulador de las «artes del diseño», se reencuentra una parte significativa de las matemáticas empleadas en la época. *El lenguaje gráfico* es el tema esbozado en el séptimo capítulo. «Lingua franca» de cartógrafos, ingenieros y arquitectos, el dibujo será instrumento esencial en su consideración como ejercientes de artes liberales, ca-

---

[7] Un análisis reciente se puede consultar en M. Esteban Piñero y V. Salavert Fabiani: «Las Matemáticas», en J. M.ª López Piñero (dir.): *Historia de la Ciencia y de la Técnica en la Corona de Castilla* (vol. 3), *Siglos XVI y XVII*, Junta de Castilla y León, Valladolid, 2002, pp. 231-257.

[8] Con contribuciones de personajes como Pacioli (1445-1517), Tartaglia (1499-1557), Cardan (1501-1576) o Ferrari (1522-1565), preocupados por la solución de ecuaciones de tercer y cuarto grado, o Stevin (1548-1620) en Flandes y Viète (1540-1603) en Francia, impulsores del desarrollo del álgebra.

[9] *Il saggiatore* (*El Ensayador*). Dedicado al Papa Urbano VIII, el libro fue publicado por la Academia dei Lincei, ya en el siglo XVII, en 1623 (Aguilar, 1981, pp. 62-63).

paces de expresarse con un cierto grado de abstracción. El dibujo permite a ingenieros y arquitectos concentrarse en las tareas de diseño-proyecto, alejándose de la realización material, al tiempo que los cartógrafos («maestros de hazer cartas») e ingenieros «dibujan mares y tierras». La exposición se centra en un panorama basado en la representación de tres tipos de realidades tridimensionales sobre un plano: cartografía (planimetría y relieve), edificaciones y máquinas. Articulación entre la cartografía y la representación de edificios, las vistas urbanas serán también consideradas. Finalmente, en el capítulo octavo, *La divulgación técnica en la España del Quinientos: características lingüísticas,* María Jesús Mancho constata el auge de la lengua romance como medio de comunicación técnica, algo que sobrepasa los muros de los claustros universitarios y eclesiásticos para alcanzar capas más amplias de la sociedad. El castellano tendrá que adaptarse a esta nueva función, sustituyendo al latín. La creación de una terminología especializada se realizará bien alumbrando voces nuevas a partir de los mecanismos de la propia lengua española, bien tomando prestados términos procedentes de las lenguas clásicas prestigiadas —latín o griego—, o de otros idiomas coetáneos.

La que podría considerarse segunda parte del volumen, estructurada según diversos sectores de actividad, comienza con el noveno capítulo, dedicado a la *Ingeniería y obra pública civil*. El texto de Fernando Sáenz examina sectorialmente las realizaciones más importantes. Considera caminos, puentes (ámbito constructivo donde queda singularmente patente la evolución estilística), obras hidráulicas —presas, azudes, acequias, fuentes, túneles de protección, etc.— para el abastecimiento de poblaciones, regadíos y aprovechamientos industriales (molinos, batanes), y puertos, tema estratégico en tanto que el sistema de transporte dependía en gran parte del sector naval, ya que los desplazamientos internos por tierra eran lentos, incómodos y caros. Los tres capítulos que siguen son relativos a la técnica en el arte militar. En el décimo, Pedro Mora nos aproxima a *La artillería: organización y materiales*. Partiendo de la artillería de los Reyes Católicos, mayoritariamente de hierro forjado sobre duelas, comenta su transformación en cañones de una sola pieza fundidos en bronce, lo que mejora alcances, cadencias y seguridad de tiro, entre otras cosas. [Un estudio detallado de la *Teoría y práctica en los tratados de artillería* más significativos es objeto del undécimo capítulo, debido a Mariano Esteban, novedad en esta segunda edición.] La fortificación evoluciona en íntima relación con la artillería. Por ello, Fernando Cobos estudia en el duodécimo capítulo *La formulación de los principios de la fortificación abaluartada en el siglo XVI*. Su análisis se centra en la evolución de los conceptos vertidos en los tratados publicados a lo largo de la centuria, empleando como hilo conductor la *Apología* de Escrivá (1538) y el *Tratado* de Rojas (1598), y utiliza como ilustración algunos ejemplos sobresalientes de la arquitectura militar de la monarquía hispana.

Julio Sánchez, en el capítulo decimotercero, aborda el desarrollo de la *Minería y metalurgia* en España y en la América Hispana. Desde un extremo primitivismo

y fragmentación de las explotaciones, en la década de 1550-60 se desencadena una rápida transformación, con la aparición de dos grandes empresas mineras en la península, Almadén y Guadalcanal, al tiempo que el descubrimiento de la amalgamación con mercurio provoca el primer gran auge productivo de la minería americana, que se prolongará hasta bien entrado el siglo XVII. A raíz de ello, Almadén se convierte en el núcleo del entramado productivo que termina en la acumulación de metales preciosos en Europa occidental.

El arte de navegar y *la construcción naval* son los temas que [desdoblados en esta segunda edición] desarrolla María Isabel Vicente en los capítulos decimocuarto y decimoquinto. El mantenimiento de la hegemonía hispánica dependía en buena medida de su dominio del mar, y durante el siglo XVI España fue la mayor potencia marítima de Europa. La necesidad de «dar guía a las naos» hizo que se desarrollaran procedimientos basados en la astronomía así como una nueva cartografía, disciplinas en las que se contaba con una brillante tradición en los reinos ibéricos. Se publicó solo una parte exigua de lo mucho que se generó, pero con todo constituye la más significativa colección de textos náuticos del XVI, con innumerables traducciones a diversas lenguas europeas, lo que reflejó sintéticamente Guillén Tato en el título de un trabajo de 1943: «Europa aprendió a navegar en libros españoles». Pero junto al pilotaje, se produjeron importantes innovaciones en la «arquitectura naval» (o «traça de naos»), según Juan Bautista Lavaña «la que enseña con reglas ciertas fabricar navíos, en los cuales se pueda navegar bien y cómodamente».

[Jordi Cartañà estudia en esta segunda edición la Agronomía y geoponía, en el capítulo décimosexto.] La *Proto-industria*, en parte identificada como *Tecnología popular* por Julio Caro Baroja, es abordada en colaboración con Alexander Keller en el decimoséptimo. El hilo conductor lo constituyen *Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas*, el manuscrito de ingeniería hidráulica más importante del Renacimiento. Se consideran diferentes tipos de molinos (muy en particular, el denominado «de regolfo», precedente de las turbinas actuales, primero documentado en España, pero presente también en otras partes del área mediterránea), y se mencionan varias industrias en las que el agua se emplea en diversos procesos para el refinado de materias primas.

Desde el Renacimiento se ha reconocido a los inventores la propiedad intelectual y el derecho en exclusiva para explotar sus mejoras técnicas. Precedente de las actuales patentes, es el tema que analiza Nicolás García Tapia en el decimoctavo capítulo: *Privilegios de invención*. A partir de una tipología de las invenciones, se introducen diversos privilegios otorgados a partir de 1478 por los reyes españoles, comentando el origen social de los inventores. Algunas de las «patentes» son de notable anticipación e interés, evidenciándose el papel incentivador de la Corona en la innovación técnica durante el Renacimiento, época que no solo fue para España de descubridores geográficos, sino también de inventores.

En el panorama global esbozado a lo largo de los diferentes capítulos subyace la idea de que la ingeniería no es solo cultura, sino también un potentísimo catalizador de cambios culturales. Obviamente son muchos los temas que faltan. Valga recordar que en la primera edición no se metió (ahora felizmente considerado) lo relativo al mundo agrario, de una importante tradición y concluyente alcance poblacional, pero de un relativamente limitado dinamismo en el periodo que nos ocupa. En este ámbito, casi acotando el siglo XVI, dos títulos merecen ser destacados: la *Obra de Agricultura copilada de diversos autores*[10] de Gabriel Alonso de Herrera, publicado en 1513, y la *Agricultura de jardines, que trata de la manera que se ha de criar, gobernar, y conservar las plantas*, escrito por Gregorio de los Ríos, el primer libro de jardinería impreso en Europa (1592). Resulta curioso observar que ambos autores fueron clérigos, más precisamente capellanes en altas esferas del poder. Herrera lo fue del cardenal Cisneros, quien le impulsó a redactar la obra, mientras que De los Ríos fue capellán y jardinero de la Casa de Campo de Felipe II, rey a quien dedicó el libro. La obra de Herrera es la principal contribución hispana al mundo agropecuario del XVI. Múltiples veces reeditada en castellano hasta el siglo XIX (aunque con adiciones), traducida al italiano y al francés, integra su experiencia en una compilación de saberes transmitidos por diversos autores clásicos (básicamente Plinio, Palladio y Columela), medievales cristianos como Petrus de Crescentiis (siglos XIII-XIV), y musulmanes, como Avicena (siglos X-XI). Original en su estructuración, comienza con cuestiones generales relativas a las tierras y al sembrado, estudiando el cultivo de cereales, de leguminosas y otras plantas de secano. Los libros siguientes se dedican a los viñedos, los vinos y el vinagre; a los árboles; a las hortalizas y su regadío; a los animales de granja y sus enfermedades; y termina con un calendario de los trabajos del año agrícola. El texto de Gregorio de los Ríos aborda el diseño de jardines, tema que desde la perspectiva geométrica fue objeto de atención por grandes tratados de arquitectura e ingeniería, estudia las plantas —se mencionan casi dos centenares— hablándose de los cuidados necesarios, en particular de exposición, riego, multiplicación (semillas, esquejes, acodos e injertos), abonado y plagas. Incluye pocos árboles, pero se encuentran el ciprés, el laurel, el membrillo (que considera de granja) o el plátano (que declara medicinal). Dedica una gran atención a los naranjos y a las parras, para terminar con la cría y conservación del ruiseñor, por ser «tan de jardines y frescuras, y su canto tan suave». A partir de la edición de 1620, De los Ríos lo completó con un tratado sobre una veintena de «árboles mayores», «en que se ponen documentos para su beneficio, aumento y conserva-

[10] Posteriormente se editó formando una *Agricultura general que trata de la labranza del campo y sus particularidades: crianza de animales, propiedades de las plantas que en ella se contiene, y virtudes provechosas à la salud humana,* como reza la edición madrileña de 1620, por la Viuda de Alonso. En el volumen se integran el texto de Herrera, «que trata de la labrança del campo, en seys libros», junto con otros cinco tratados, entre ellos el de Gregorio de los Ríos.

ción», y nociones de agricultura en general (de granja, huerto y bosque). Escrita en torno a 1609, la adenda incorpora informaciones de otros autores. Único libro sobre jardinería español en los siglos XVI-XVIII, la *Agricultura de Jardines* fue consulta obligada hasta el XIX. [Comenzado el siglo XVII, en 1617, otro eclesiástico, fray Miguel Agustí, prior del Temple en Perpiñán, dio luz en catalán al *Llibre dels seuets de agricultura, casa rustica y pastoril,* importante texto posteriormente traducido al castellano y reeditado con forofusión hasta el siglo XVIII.]

Los montes y bosques no dieron lugar a tratados específicos, pudiéndose tener información de temas relativos a ellos en libros de agricultura como los anteriormente mencionados o en otros como, por ejemplo, algunos de caza. En cualquier caso, se reflejan informaciones varias en múltiples documentos, tales como las «relaciones» encargadas por Felipe II (1570) para contar con descripciones de sus dominios. [Vicente Canals, en el capítulo 10 del volumen III, antes de abordar la temática en el Siglo de las Luces hace una presentación muy resumida, relativa a los siglos XVI y XVII.] En la Edad Moderna, serán azotes de los bosques las roturaciones, los pastos requeridos por las corporaciones de ganaderos —la Mesta en particular— o el carboneo, que proporcionó el combustible necesario para diversos procesos protoindustriales, los metalúrgicos en particular. A ello habrá que añadir la construcción naval (flotas de pesca, mercante y de guerra). Para aderezar naves, las atarazanas disfrutaron de privilegios de corte de madera en reservas forestales adecuadas a sus necesidades de producción[11]. Para ello el norte peninsular disponía de la materia básica más adecuada, en tanto que la andaluza o la levantina era normalmente de peor calidad. Por ello las atarazanas de Barcelona se aprovisionaron en gran parte con madera pirenaica. Como su transporte mediante carros era costosísimo o imposible, un porcentaje significativo se realizaba mediante almadías o «navatas», utilizando el curso de los ríos.

En torno a las ausencias en este volumen, cabe señalar también que la visión de la proto-química es forzosamente incompleta, ya que la temática fármaco-médica no se aborda. En parte queda así ausente, por ejemplo, la destilación, operación mediante la que se obtenían medicamentos denominados genéricamente «aguas destiladas». En su fabricación se aplicaban prácticas alquímicas, extrayéndose sustancias activas a partir de plantas por maceración alcohólica y destilación. A mediados del siglo XVI, la imprenta colaborará en la difusión de estas técnicas con algunos tratados, y la destilación aparecerá como un recurso más dentro del arte de preparar medicamentos. Sirva como apunte que hubo destiladores reales en el Alcázar de Madrid, en Aranjuez,

[11] La esencialidad de la madera en la construcción naval de la época se recoge con metáforas y afirmaciones muy diversas: «la historia gloriosa de los descubrimientos y de la hegemonía española está escrita en madera»; o una armada recibe el apelativo de «bosque flotante», por ejemplo. En análoga línea, en su soneto *A la jornada de Inglaterra*, Lope de Vega alude a la Gran Armada como «selva del mar» (v. E. BAUER MANDERSCHEID: *Los Montes de España en la Historia,* Fundación Conde del Valle de Salazar, Madrid, 1991, pp. 31, 153 y 176).

y en el monasterio de El Escorial. Cabe destacar a Diego de Santiago (act. 1587-1590), al parecer «Destilador de Su Majestad» *ad honorem* y tratadista. Trabajó en El Escorial creando en 1590 un destilatorio (por el que obtuvo un privilegio de invención por diez años) para obtener aceites esenciales. Su libro *Arte separatoria y modo de apartar todos los licores, que se sacan por via de destilacion: para que las medicinas obren con mayor virtud y presteza* (Sevilla, 1598) es el único impreso español del siglo XVI sobre el arte destilatoria y sus aplicaciones terapéuticas[12].

Aunque la ingeniería y la arquitectura (militar, civil y naval), la cosmografía y el arte de navegar, el arte militar, la geografía y la cartografía, o la minería y la metalurgia, son especialidades técnicas en las que las aportaciones españolas del siglo XVI tienen especial relevancia, después del nivel alcanzado no se podrá comprender la crisis del siglo siguiente sin recordar la profunda decadencia económica, a la que contribuyeron los fantásticos compromisos militares, la despoblación y una mentalidad y estructura productiva esencialmente antieconómicas. A estos factores se ha de sumar que, en el marco de la Contrarreforma, Felipe II dicta la pragmática aislacionista (1559) y potencia la Inquisición, llegándose a inducir en el XVII un manifiesto retroceso en la incipiente secularización docente. Todo ello terminará abocando a un penoso estado a las ciencias y las técnicas durante el Barroco en España.

Sin embargo, no sería justo ocultar que Felipe II es reconocido como amante e impulsor de la Geografía por los historiadores de la misma, como «rey arquitecto« (hasta hacía «rasguños») por los de la arquitectura, o como estimulador de la ingeniería, las matemáticas y la instrumentación por los historiadores de la técnica; es decir, es reconocido por su patrocinio e interés hacia un amplio abanico de actividades técnicas y científicas. Como se ha señalado en diversas ocasiones, quizás la monarquía hispana, guiada por un exacerbado utilitarismo, no secundada adecuadamente por universidades y concejos, no potenció en forma debida el desarrollo de actividades más especulativas (por ejemplo, en el entorno de la Casa de la Contratación), concentrando el hacer de sus pocos funcionarios cualificados en actividades técnicas de rutina. Puede resultar curioso señalar que un rasgo «moderno» de la administración de la Corona hispana del momento, nutrirse con técnicos y científicos de importante nivel, se terminó convirtiendo en un elemento negativo, ya que allende las fronteras, mediante figuras de mecenazgo, se sustentaron las actividades teórico-prácticas que darían lugar a la Revolución científica.

Tras el profundo bache, los *novatores* —innovadores en el sentido ideológico— representarán en España el primer síntoma de la renovación científica a finales del siglo XVII. Les corresponde actuar en una sociedad presa de un misoneísmo asfixiante, donde *novator* tiene un sentido peyorativo. Apoyados en el humanismo cristiano, y haciendo gala de un gran eclecticismo científico, proponen entroncar a

[12] Existe edición facsímil, con estudio introductorio de J. M.ª López Piñero y E. Portela, publicado por el Instituto de Cultura Juan Gil-Albert, Alicante, 1994.

España con la ciencia moderna que se está desarrollando en Europa, abandonando los planteamientos especulativos de un escolasticismo anclado en sus orígenes.

El libro de Juan Cabriada, *Carta filosófica, médico-chymica* (1687), es considerado el documento fundacional de la renovación de las ciencias químicas, biológicas y médicas en España. Su denuncia de nuestro atraso científico e inmovilismo es contundente:

> Que es lastimosa y aun vergonzosa cosa que como si fuéramos indios, hayamos de ser los últimos en recibir las noticias y luces públicas que ya están esparcidas por Europa. Y así mismo, que hombres a quienes tocaba saber esto se ofendan con la advertencia y se enconen con el desengaño. ¡Oh, y que cierto es que el intentar apartar el dictamen de una opinión anticuada es de lo más difícil que se pretende en los hombres!.

Con la llegada de la dinastía borbónica, la Ilustración posibilitará un esperanzado resurgir a la técnica y la ciencia en nuestro solar, cuestión que se abordará en el próximo volumen [en realidad dos] de la serie con este comenzada. Nos queda que agradecer a la Real Academia de Ingeniería y a la Institución «Fernando el Católico» su apoyo, tanto en el curso preparatorio como en esta publicación del que en parte es corolario, y a cuya edición gozosamente se ha sumado Prensas Universitarias de Zaragoza. El patrocinio del Gobierno de Aragón, a través de Manuel López Pérez, entonces Director General de Enseñanza Superior, ha sido esencial para el conjunto de la empresa. Nuestro reconocimiento también al Centro Politécnico Superior y a la Biblioteca de la Universidad de Zaragoza, por su eficiente ayuda.

Manuel Silva
Universidad de Zaragoza
De la Real Academia de Ingeniería

Bibliografía general

Cámara Muñoz, A.: *Fortificación y Ciudad en los reinos de Felipe II,* Nerea, Madrid, 1998.

Caro Baroja, J.: *Tecnología popular española,* Editora Nacional, Madrid, 1983.

Cerezo Martínez, R.: *La Cartografía Náutica Española en los siglos XIV, XV y XVI,* CSIC-Museo Naval, Madrid, 1994.

García Diego, J. A. (ed.): *Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas*, Fundación Juanelo Turriano y Ed. Doce Calles, Aranjuez, 1996.

García Tapia, N.: *Ingeniería y Arquitectura en el Renacimiento Español*, Universidad de Valladolid, 1990.

— *Técnica y poder en Castilla durante los siglos XVI y XVII*, Junta de Castilla y León, Salamanca, 1989 (2.ª edición, 2003).

Gentil Baldrich, J. M.ª: *Traza y Modelo en el Renacimiento,* Instituto Universitario de Ciencias de la Construcción, E.T.S. de Arquitectura de Sevilla, 1998.

González Tascón, I. (comisario): *Los ingenios y las máquinas. Ingeniería y Obras Públicas en la época de Felipe II,* Sociedad Estatal para la Conmemoración de los centenarios de Felipe II y Carlos V, Madrid, 1998.

Goodman, D.: *Poder y Penuria. Gobierno, tecnología y Ciencia en la España de Felipe II*, Alianza Editorial, Madrid, 1994 (ed. original en inglés por Cambridge University Press, 1988).

Hernando Sánchez, C. J. (coord.): *Las fortificaciones de Carlos V,* Ediciones del Umbral, Madrid, 2000.

López Piñero, J. M.ª: *Ciencia y Técnica en la sociedad española de los siglos XVI y XVII,* Labor, Barcelona, 1979.

— (dir.): *Historia de la Ciencia y de la Técnica en la Corona de Castilla* (vol. 3), *Siglos XVI y XVII,* Junta de Castilla y León, Valladolid, 2002.

Martínez Ruiz, E. (ed.): *Felipe II, la Ciencia y la Técnica,* Actas Editorial, Madrid, 1999.

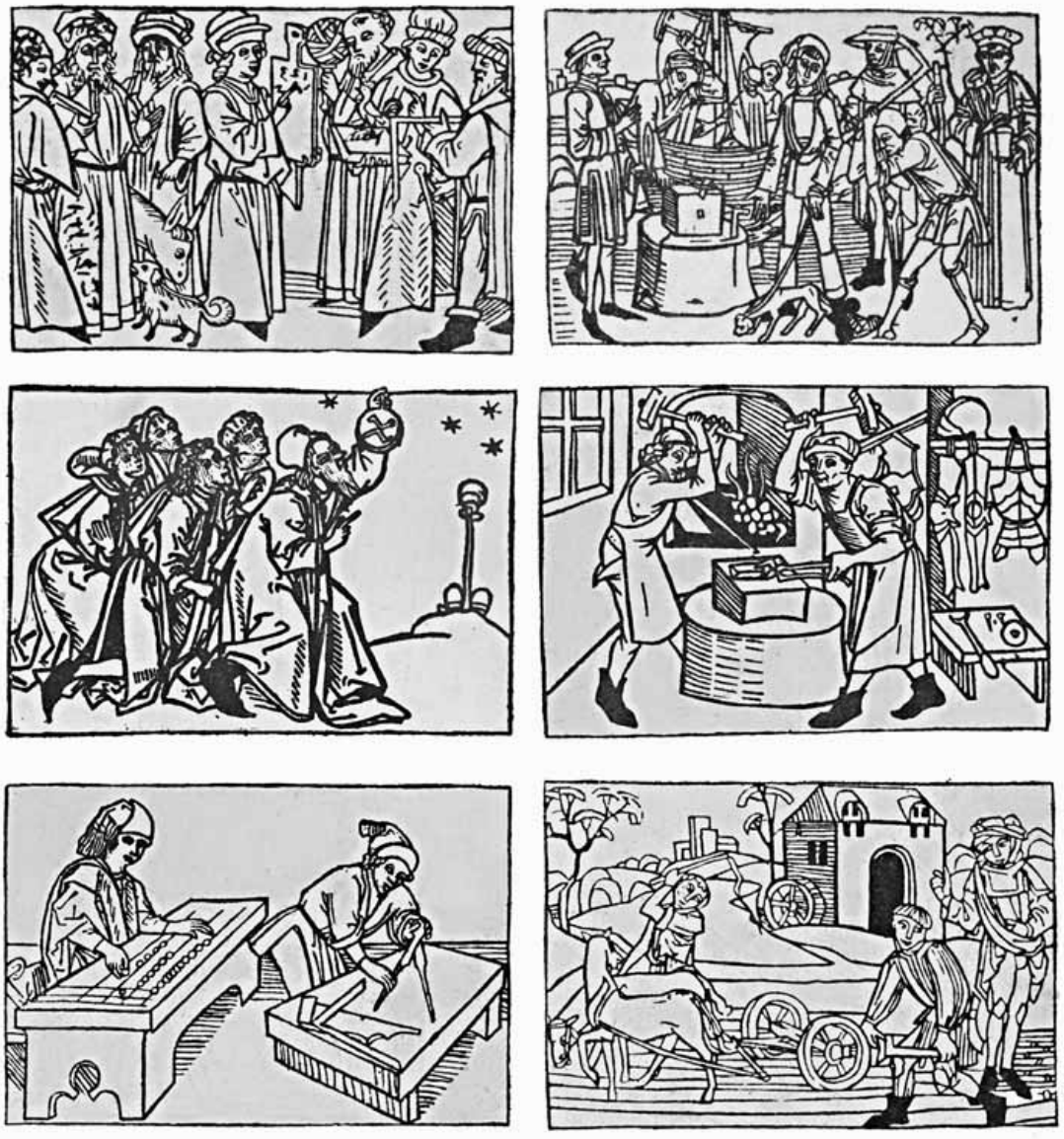
Rey Pastor, J.: *La Ciencia y la Técnica en el Descubrimiento de América,* Madrid, 1942 (4.ª ed., 1970).

Sánchez Gómez, J.: *De minería, metalurgia y comercio de metales*, Salamanca, 1989.

Vicente Maroto, M.ª I. y M. Esteban Piñeiro: *Aspectos de la Ciencia Aplicada en la España del Siglo de Oro*, Junta de Castilla y León, Valladolid, 1991.

Vigón, J.: *Historia de la Artillería Española*, Madrid, 1947.

VV. AA.: *Historia de la Cartografía Española*, Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Madrid, 1982.



1.1. Rodericus Zamoriensis, **Espejo de la Vida Humana,** *Pablo Hurus, Zaragoza, 1491. Escrita por Rodrigo Sánchez de Arévalo (1404-1470) en latín (Roma, 1468), fue múltiples veces editada durante dos siglos. La columna de la izquierda está dedicada a las artes liberales (en general), imagen que se reutiliza para el matemático; el astrónomo; y el aritmético y el geómetra. La columna de la derecha representa las artes mecánicas (en general); el armero; y el labrador y el molinero.*

1

Sobre Técnica e Ingeniería: en torno a un *excursus* lexicográfico

Manuel Silva Suárez
Universidad de Zaragoza

Técnica e Ingeniería son dos términos estrechamente vinculados. En este capítulo se analizan ambos vocablos bajo una óptica no convencional, desbordando ampliamente el marco temporal del Renacimiento[1]. Se empleará como hilo conductor la lengua y su tesoro, uno de los más preciados patrimonios de que podamos hacer gala. En un breve *excursus* lexicográfico, se bosquejan diversas reflexiones de corte histórico y conceptual, incluyendo algunos términos conexos como arte, arquitectura, ciencia y tecnología.

Acudir al reflejo especular que proporcionan los grandes diccionarios ayuda a valorar la percepción que la sociedad ha ido teniendo de la ingeniería, profesión de singular contribución a la cultura.

Por este procedimiento se observan cambios significativos, aunque con un retraso que puede ser importante —mensurable en cuartos de siglo— con respecto a los acontecimientos históricos. Se parte de unas consideraciones preliminares en torno a técnica y arte, términos sinónimos en la tradición clásica pero que a partir del Renacimiento fueron divergiendo, hasta la consolidación de acepciones claramente diferenciadas en el Siglo de las Luces.

El análisis de los términos «ingeniería» e «ingeniero» ocupa el tramo central de este texto. Ingenieros y arquitectos fueron, en el Renacimiento y hasta la casi culminación de la Ilustración, profesionales en muchos casos indiferenciados y hasta nuestros días con importantes áreas de interacción. Por ello también se esboza un análisis de los conceptos «arquitecto» y «arquitectura». Finalmente, las ciencias se ponen en relación con la técnica, apuntando brevemente diferencias ontológicas y epistemológicas.

---

[1] En este sentido, el primer capítulo de este volumen centrado en la época renacentista es el dedicado a la *Valoración filosófica de la técnica*. El presente texto es una reelaboración del primer tercio de nuestro discurso de entrada a la Real Academia de Ingeniería: *De la Ingeniería y de los Sistemas de Eventos Discretos* (Madrid, noviembre, 2000).

I

Técnica y arte

La técnica es un rasgo esencial del proceso de hominización. Basada en conocimientos, experiencia y creatividad, se puede entender como «sistema de reglas intencionalmente orientadas a dirigir una actuación con el fin de conseguir de forma eficiente un resultado útil»[2], o bien «conjunto de habilidades y conocimientos que sirven para resolver problemas prácticos»[3]. Es decir, la técnica «es un recurso para ampliar el alcance de posibilidades» disponibles[4]. Ortega y Gasset, en su *Meditación de la Técnica*[5], la caracteriza como «lo contrario de la adaptación del sujeto al medio, puesto que es la adaptación del medio al sujeto». Mediante la técnica, la Humanidad ha creado una sobrenaturaleza, «un paisaje artificial», en el que ha invertido «esfuerzo para ahorrar esfuerzo», puesto que «vida significa para [el hombre] no simple estar, sino bienestar». Para terminar con este abuso del pensamiento orteguiano, permítasenos acotar que, en su concepción, la ingeniería queda asimilada «con la técnica por antonomasia».

Testimonio de su desarrollo y condiciones de vida, a través de sus expresiones técnicas se suele establecer un primer acercamiento al estudio de las civilizaciones. De este modo, a falta de documentos escritos, los amplios periodos que se engloban en la Prehistoria han sido caracterizados por medio de los materiales sobre los que se basaba la técnica (Edad de Piedra —Paleo y Neolítico—, del Bronce, del Hierro). Periodizaciones más finas emplean otras creaciones más específicas, como las cerámicas.

Llegando hasta los tiempos en que se institucionaliza la profesión de ingeniero, es bien sabido que la Ilustración y la Revolución Industrial consolidaron un nuevo marco sociocultural. El saber técnico eclosionó, alcanzando vertiginosa y omnímodamente sucesivas esferas de la vida y, como consecuencia, afectando de forma significativa a la Naturaleza. Las técnicas se desarrollan en determinadas esferas culturales, no forzosamente eruditas, y son a su vez fantásticos catalizadores, impulsores de los procesos de transformación de esas mismas culturas en que surgen.

«Técnica» deriva del griego τέχνη (*techné*)[6], concepto que en latín pasa a recogerse bajo *ars*, de donde procede el vocablo «arte», que el *Diccionario de*

---

[2] J. Aracil: «Elogio de la Ingeniería», 1999.

[3] M. A. Quintanilla: «Técnica y Cultura», *Teorema,* vol. xvii (3), pp. 49-69, 1998.

[4] P. Laín Entralgo: «Humanización de la Técnica», 1988 (p. 121). En su conjunto analiza la tecnificación de la vida desde una triple perspectiva: como recurso, como peligro y como reto.

[5] J. Ortega y Gasset: *Meditación de la Técnica...,* 1939 (pp. 31-33, 42, 19).

[6] En los diccionarios de griego se encuentran acepciones como: «Arte, oficio, profesión»; «industria»; «producto de un arte, obra de arte, artificio»; «tratado de un arte». V., por ejemplo: A. Bailly, París, 1950 (16.ª ed.); Ed. Sopena, Barcelona, 1998.

Autoridades de la Real Academia Española (edición revisada de 1770) recoge en forma bastante actual como «conjunto de preceptos y reglas para hacer bien alguna cosa», añadiendo que las artes se dividen en liberales y mecánicas[7]; también es arte «en general todo lo que se hace por industria y habilidad del hombre, y en ese sentido se contrapone a naturaleza»[8], es decir, construcción de un «paisaje artificial» en el sentido orteguiano. La primera acepción permanece casi inalterada en la edición vigente del *Diccionario de la Real Academia Española* (DRAE)[9]. Huella de esta equivalencia inicial son denominaciones de escuelas técnicas como École Centrale d'Arts et Manufactures (París, 1827), Escuelas de Artes y Oficios (tanto en España como en Francia) o Instituto Católico de Artes e Industrias (ICAI, 1908). Según J. Corominas[10], «arte» aparece en castellano hacia 1140. Confirmación de que la utilización de «arte» por «técnica» fue preponderante hasta el siglo XX es que el sustantivo «técnica» solo se recoge en castellano hacia 1900. El DRAE no lo incorpora hasta su 15.ª ed. (1925): «Conjunto de procedimientos y recursos de que se sirve una ciencia o un arte», que es la acepción vigente. Vestigio hoy casi imperceptible sobre la correspondencia arte-técnica es que, aún a lo largo de los siglos XVII, XVIII y parte del XIX, «artista»[11] fue parcialmente sinónimo de «técnico».

En efecto, la diferenciación entre artistas y artesanos es relativamente reciente. Los grandes arquitectos, escultores y pintores griegos de la Antigüedad Clásica eran conocidos como *technites,* es decir, técnicos (palabra formada como cultismo por vía del latín *technicus*). Humanismo y Renacimiento en Italia pondrán las bases para la separación que hoy se observa, pero el proceso será de lenta aceptación. Sebastián de Covarrubias (1539-1613), en su *Tesoro de la Lengua Castellana o Española* (1611), recogía la siguiente acepción: «Artista, el mecánico que procede por reglas y medidas en su arte y da razón della». Incluso en la corte española del Siglo de Oro, pintores y escultores fueron mayoritariamente tenidos por hábiles oficiales mecánicos[12]. Según el *Diccionario de Autoridades* (1726), artista es

> el professor de algun arte; pero aunque en el significado próprio y literál se extienda a comprehender à cualquiera que la exerce y profesa, en lo moderno se toma por el

[7] Artes «liberales» son las que principalmente requieren el ejercicio del entendimiento, debiéndose la denominación a su práctica por los hombres libres de la Grecia clásica. Artes «mecánicas» son las que requieren el uso de las manos o máquinas. Véase el capítulo sobre «Valoración filosófica de la técnica», en este mismo volumen.

[8] Acepción que se mantendrá en el DRAE hasta la edición de 1947.

[9] En lo que sigue, las acotaciones textuales no identificadas se refieren a la 22ª edición (2001) del *Diccionario de la Real Academia Española* (DRAE).

[10] *Breve Diccionario Etimológico de la Lengua Castellana*, 1973.

[11] En desuso, en francés se tenía por artista a la «persona que practicaba un oficio, una técnica difícil» (*Dict. Le Petit Robert,* París, 1973).

[12] J. GÁLLEGO: *El pintor: de artesano a artista,* Dip. Prov. de Granada, 1995.

> que exerce artes mechánicas, que comunmente se llama oficial o menestril, y aún en este sentido tiene poco uso [...] [Aunque artista] «se llama comunmente el que estúdia Artes en la Universidad, [...] Lat. *Opifex*.

La diferenciación de los artistas será impulsada desde las Academias de Bellas Artes y su formación quedará segregada de las estructuras gremiales. Por fin, el movimiento romántico exaltará el individualismo, acentuando el divorcio semántico entre artista y artesano. Expresión de lo anterior es que, aún en 1869 (11.ª ed.), en su primera acepción el DRAE recoge «artista» como «El que ejercita algun arte. *Artifex*», es decir, artesano o técnico, mientras que en la siguiente edición (1884), pasa a ser «Persona que ejercita algún arte bella» o «Persona dotada de la virtud, fuerza y disposición necesarias para alguna de las bellas artes».

El rastro de ese significado compartido en origen entre arte y técnica se hace evidente aún en vocablos tales como «artefacto», la concreción por antonomasia de la técnica[13], «artificio» o «artesano». Sin embargo, el arte se circunscribe hoy, esencialmente, a las creaciones que persiguen emoción estética, mientras tanto, la técnica está presidida por la racionalidad y la eficiencia, todo ello sin que necesariamente lo uno excluya a lo otro, aunque puedan aparecer antagonismos. Así, se puede apreciar la estética de un puente o de una máquina, como la de un edificio o la de una pintura. El diseño industrial, como actividad actual diferenciada, trata justamente de conciliar funcionalidad con estética en diseños integrados, a costes aceptables por el mercado.

En esencia, «la técnica es creación, *creatio*. No una *creatio ex nihilo*, pero sí, en cambio, una *creatio ex aliquo*»[14]. Pero creación lleva a *poiesis*[15], que es acción, creación; adopción, fabricación, confección, construcción; composición, poesía; poema. De *poiesis* deriva «poesía», hoy en día reservada a «arte de componer obras poéticas en verso o en prosa», y en *stricto sensu* a «manifestación de la belleza o del sentimiento estético por medio de la palabra, en verso o en prosa». Por antonomasia, en el marco de la lírica.

La utilidad y racionalidad subyacente a los artefactos raras veces llama la atención del poeta[16]. A modo de contrapunto, cabe recordar unos versos de Fernando

---

[13] Sea artefacto considerado desde el pequeño dispositivo mecánico hasta la «megamáquina», tomada esta en el sentido «mumfordiano», holístico, del término. (L. Mumford: *Técnica y Civilización*, Alianza Editorial, Madrid, 1971; *El mito de la Máquina*, Emecé, Buenos Aires, 1969.)

[14] J. Ortega y Gasset: «El mito del hombre allende la Técnica», *op. cit.* (Conferencia en Darmstadt, 1951; p. 101).

[15] Según A. Bailly (*op. cit.*), el verbo *poieo* significa «ejecutar, confeccionar, fabricar, construir, hacer; crear, producir; (mujer) alumbrar»... En suma, se trata de creación en el sentido más elevado.

[16] A modo de muestreo subjetivo, en la recopilación de F. Rico: *Mil años de poesía española* (Planeta, Barcelona, 1996), el número de poesías que evocan la técnica es insignificante. Quizás el artefacto que durante el siglo xix inspirara una mayor cantidad fuera el ferrocarril, pero mayoritariamente desde perspectivas referidas a sus consecuencias sobre las relaciones humanas.

Villalón, magistralmente cantados por Camarón de la Isla[17] que, en su sencillez e ingenuidad, siempre me han evocado el sentido de creación técnica, de sobrenaturaleza[18]:

> Un barquito de vapor
> está hecho con la idea
> de que en echándole carbón
> navegue contra marea.

II

Ingeniero e ingeniería

Aun a fuerza de simplificar el esquema, la aparición del ingeniero y el obrero, por especialización del artesano, ha reservado al primero las tareas relativas a la invención, concepción de planes de actividades o procedimientos —*mechané*—, algo que se puede englobar en el diseño o proyecto[19], sin olvidar las de supervisión y control de la ejecución del plan.

El mencionado desdoble vincula al ingeniero a las artes liberales, las que principalmente requieren el ejercicio del entendimiento. El obrero queda insertado en la tradición de las artes mecánicas, siendo «mecánico» el «que ejercita arte iliberal, que juntamente con el discurso es necesario aplicar las manos», y «artes mecánicas» «las que ejercitan los oficiales mecánicos»[20].

En 1732, el *Diccionario de Autoridades* establece que *mechanico* es «lo que se executa con las manos. Se aplica regularmente à los oficios baxos de la República: como Zapatero, Herrero, y otros: y assi se diferencian los oficios en mechánicos y Artes liberales. Se toma también por cosa baxa, soéz è indecorósa». Por último, añade:

---

[17] Álbum: *La Leyenda del Tiempo* (1979). La obra del poeta sevillano Fernando Villalón (1881-1930), vinculada a la generación del 27, es de un singular costumbrismo andalucista.

[18] La flotación del barco pertenece al concepto orteguiano de «técnica predecible». Lo que sorprende al poeta es su capacidad automotriz, «de ser algo movido por virtud de otro, a moverse, de transitivo a reflexivo» (J. D. García Bacca: *Elogio de la Técnica*, 1987, p. 43). Su carácter «automóvil» es fruto de un artefacto también esencial en las locomotoras históricas: la máquina de vapor. Por concepto y potencia, resultaba extraordinaria, casi «impredecible».

[19] «Diseño» deriva de *signum*, «marca, señal», apareciendo en castellano (h. 1580) a través del italiano *disegno*, equivalente al francés *dessin*. Ambos significan, también, dibujo. «Proyectar» (lat. *proiectare*), aparece en castellano a finales del siglo xvii, dando lugar a «proyecto» (1737). Resulta interesante constatar una diferencia subyacente: en «proyecto», se contempla implícitamente un sujeto (unipersonal o colectivo) que proyecta, arroja, expresa, define un sistema o plan de actuación; en «diseño», la visión se despersonaliza, limitándose la observación a la traza, huella o vestigio.

[20] S. de Covarrubias: *Tesoro de la Lengua Castellana o Española* (1611).

mechanicamente «vale tambien indignamente, con baxeza y desdoro»[21]. En sentido figurado y (afortunadamente) desusado, el DRAE refleja todavía para «mecánico»: «Bajo e indecoroso».

II.1. *Aproximación etimológica: «ingenio» + «-ero»*

Según J. Corominas[22], «ingeniero» aparece en castellano hacia 1450, probablemente imitado de *ingegnere* (segunda mitad del siglo XIII), término italiano que deriva de otro latino tardío, *ingenierus,* «el que diseña y construye *ingegni*, máquinas de guerra»[23]. En el siglo XII se denomina *ingeniator* al técnico especializado en máquinas de guerra. M. Alonso[24] presenta *engeño,* empleado en el castellano medieval ya en 1251, como término para designar los artefactos bélicos, sean ofensivos o defensivos, de donde *engeñero*. En Francia[25], «desde el siglo XII, aparece frecuentemente [...] el *ingeniator*, técnico especializado en la máquinas de guerra, en particular de asedio: *ingeniarius*, *ingeniousus* en el siglo XIII».

«Ingeniero» deriva de «ingenio» (lat. *ingenium*), lo que lleva a «genio» (lat. *genius*), que proviene de *gignere*, «engendrar, dar a luz; crear, producir, causar»[26]. Es decir, «ingeniero» se vincula a una facultad del espíritu humano, la de «discurrir o inventar con prontitud y facilidad» (DRAE). Su misión será la de generar la construcción, la máquina o la organización correspondiente. En línea con lo dicho se expresa G. A. Böckler, autodenominado arquitecto e ingeniero, que escribe en 1661, en su *Tratado de las artes mecánicas de la industria del agua y los molinos:*

> Entre los inventos más extraordinarios y útiles regalados por Dios todopoderoso al género humano, el noble arte de la mecánica no es el más pequeño. Para este arte son

[21] A pesar de los cambios de valoración social que se producen en el Renacimiento, Carlos III ha de conceder en 1783 «Habilitación para obtener empleos de República a los que exercen artes y oficios, con declaracion de ser honestos y honrados». Afirma que «su desempeño no envilece la familia ni la persona del que los exerce; ni la inhabilita para obtener los empleos municipales [...] y que tampoco han de perjudicar las artes y oficios para el goce y prerogativas de la hidalguía». (v. *Novísima Recopilación de las Leyes de España, mandada formar por el Señor Don Carlos IV,* Madrid, 1805).

[22] Las fechas entre paréntesis corresponden, esencialmente, a la atribución de J. Corominas sobre la aparición en castellano. Aunque perfectible en algunos casos, se muestran solo a título indicativo.

[23] M. Cortelazzo y P. Zolli: *Dizionario etimologico della lingua italiana*, Zanichelli, Bologna, vol. I-1979 / vol. V-1988.

[24] M. Alonso: *Diccionario Medieval Español (siglos X a XV),* Univ. Pontificia de Salamanca, 1986.

[25] H. Vérin: «Le mot: ingénieur», *Culture Technique*, (12): 19-29 (p. 20). Se añade que «el *ingegnere* italiano será tomado del francés, primero bajo una forma común, después erudita». Ello es plausible en tanto que el sufijo francés «ier» («ieur» en el caso concreto que nos ocupa, para distinguirlo del verbo *ingénier*) pasa como préstamo al italiano, particularmente en la terminología militar, bajo la forma «iere», que se puede simplificar en «ere». A modo de contrapunto, cabe recordar que, en latín, ingeniero militar era *munitor-oris*, lo que hacía referencia al trabajo de fortificación, refuerzo. Por contra, ingeniero civil era *machinator-oris,* donde «máquina» hace referencia a invención ingeniosa.

[26] *Dic. Latino-Español, Español-Latino,* Bibliograf, Barcelona, 1969.

1.2. Juanelo Turriano *(Museo Arqueológico Nacional, Madrid). En el anverso figura la efigie con una orla que lo identifica como relojero y arquitecto (en el sentido vitruviano, indiferenciado del ingeniero). El reverso emplea la clásica alegoría de* La fuente de las Ciencias*, también usada en otra medalla dedicada a Don Felipe, príncipe de España. (Ángel del Campo Francés,* Semblanza iconográfica de Juanelo Turriano*, Fundación Juanelo Turriano, Madrid, 1997.)*

necesarios una aguda reflexión, el arte, el esfuerzo y la habilidad de los ingenieros, así llamados por su ingenioso entendimiento.

Además de lo apuntado con respecto a «ingenio»[27], interesa dejar constancia del empleo del sufijo patrimonial castellano «-ero», frecuente para formar nombres de profesiones ligadas a oficios o artes mecánicas y, particularmente, en el ámbito de la milicia. Los sufijos «-ero» (popular) y «-ario» (culto) derivan del sufijo latino *-arius*. En la Roma antigua, *-ari*, *-arius* se empleaba para formar nombres de asociaciones de artesanos (*ferrarii, navicularii, olearii, vinarii*). En castellano, «-ario» es usado, por ejemplo, en boticario (1134), mercenario (1220-50), incendiario (1618), operario (s. XVII), presidiario, ferroviario, veterinario (s. XIX) o funcionario (1885).

[27] «Ingenio» también recoge en castellano como acepción la idea de sistema integral de producción; en cierto modo, de la máquina a la «megamáquina». Justamente, el funcionamiento de sistemas socio-técnicos complejos suele requerir también de la presencia de ingenieros, que llegan a convertirse con frecuencia en gestores, organizadores. De este modo, surgen especialidades como ingeniero en Organización Industrial, hoy título de segundo ciclo, nacida como especialidad de ingeniería Industrial con el plan de 1964.

1.3. Martín Cortés, **Breve compendio de la Sphera y de la arte de navegar** *(Sevilla, Antón Álvarez, 1551). Se presenta como cosmógrafo y matemático antes que como navegante, esto es, practicante de un arte «liberal», no de un «arte mecánica». Perteneciente a un linaje de infanzones, se muestra en una mansión clasicista, no en un barco, con las armas de su familia. Señala la estrella Polar, evocando lo que se denomina el «regimiento del norte» (el cálculo de la latitud por la Osa Menor), indicando con claridad que la navegación de altura ha de hacerse mirando al cielo. Aparece con esfera armilar, libro de geometría, compás, cartabón y tintero. (El emblema heráldico de Bujaraloz, su villa natal, incluye en la actualidad una esfera armilar de oro, en recuerdo de su preclaro hijo.)*

El sufijo «-ero» se utiliza, por ejemplo, en obrero (1056), zapatero (1124), marinero (1220-50), carpintero (1330), vidriero (1495), batanero (1511), relojero (1607), etc. Entre los oficios mencionados en el Fuero de Teruel (1176), se encuentran aradrero o aladrero, boyero, meseguero o quartero, yuguero o yuntero, nauchero y dulero. En el ámbito militar se usa profusamente: escudero (1011), atalayero o atalaero (h. 1017), caballero y guerrero (1076), ballestero (s. XIII), arquero (h. 1300), artillero (s. XIV), ingeniero (1450), lancero y trompetero (1495), arcabucero (1535), alabardero (1546), mosquetero (s. XVI), coracero, fusilero (1728), etc. Así, el sufijo «-ero» se emplea al menos desde el siglo X y hasta el presente, y fue particularmente productivo en los siglos XIII a XVII. La terminación en «-ario» se detecta desde el siglo XII, siendo un cultismo bastante utilizado durante el XIX.

Conviene observar las diferencias de matiz que comportan otras terminaciones. Las relacionadas con las ciencias ha sido fundamentalmente «-ico» (gr. -ικός, a través del lat. *-icus*) y, aportando la idea de especialista o cultivador de una disciplina, «-logo» (gr. -λόγος, a través del lat. *-logus*). La primera aparece en vocablos como científico (s. XIV), matemático (1440), médico (1490), catedrático (1495) o farmacéutico (1706). En las artes liberales medievales relativas a la elocuencia, el *Trivium,* se tiene gramático y retórico (fin siglo XII) y dialéctico (1440); en las relativas a las matemáticas, el *Quadrivium,* aparecen músico (1438) y aritmético (1570). Físicos (1220-50), lógicos (1438) y metafísicos (mediados del siglo XVII) son especialistas en las Facultades de Artes. El elemento compositivo «logo» se emplea en astrólogo (h. 1200) o teólogo (1251), ambos derivados directos del griego a través del latín, siendo particularmente productivo a partir del s. XVIII: filólogo (1732), zoólogo (1832), geólogo (1843), biólogo y psicólogo (1884), etc. Dentro del *Quadrivium* se encuentran también como disciplinas la geometría y la astrología o astronomía, lo que da pista a otros dos elementos compositivos que tiene que ver con las ciencias: «-metría» (gr. -μετρία), que significa «medida» o «medición», mediante el cual se forma econometría, biometría o batimetría; y «-nomía» (gr. -νομία, de la raíz de νόμος, ley, norma), que expresa «conjunto de leyes o normas», construyéndose astronomía, dasonomía o agronomía. Sin pretender agotar el tema, «-grafía» (gr. -γραφία, de la raíz de γράφω, escribir), es elemento compositivo que denota «descripción» (corografía, cristalografía, iconografía), «tratado o ciencia» (geografía, etnografía, epigrafía), «representación gráfica» (ortografía, cartografía, topografía), o «escritura» (caligrafía, criptografía, taquigrafía).

Entre los sufijos alternativos para denotar profesiones se encuentran «-dor», formando sustantivos verbales con «-a/e/idor», según sea la conjugación del verbo base[28], o «-ista», que es productivo, al menos, desde el siglo XII (organista, vihuelista,

[28] [1ª]: labrador, orador, senador (1220-50); pescador (h. 1250); cardador (s. XIII); historiador (h. 1295); leñador, viñador (h. 1400); segador (1490); educador (1604); estibador (1609); picador (s. XVII); [2.ª]: vendedor (1187), veedor (1212), tejedor (1495); [3.ª]: servidor (1220-50), curtidor (1256), inquisidor (1444), regidor (1490), zurcidor (1495).

alquimista) pero que es empleado sobre todo en los siglos XIX y XX. En vocablos como artista (1495) o especialista («especialidad» se recoge en el *Tesoro* de Covarrubias, 1611) sugiere pericia, habilidad, virtuosismo. Al carpintero se le dignificará con ebanista (1705), no con «ebanero». Además, interesa destacar que «machinario» se torna «machinista» en el último cuarto del s. XVI. Así, entre los perfiles profesionales visados por Juan de Herrera para la Real Academia Matemática se encuentran los

> Ingenieros y machinistas, entendidos en la arte de los pesos, fundamento para hazer y entender todo género de Machinas, de que la vida política y Económica se sirve.[29]

Ello será refrendando por el *Diccionario de Autoridades* afirmando que «machinista» es «el que fabrica o discurre máquinas, que más comúnmente se llama hoy Ingeniero»[30].

La extracción de conclusiones a partir del empleo de sufijos es delicada, no pudiéndose utilizar como norma clasificatoria, pues su uso depende de muchos factores (modas e imitaciones, por prestigio o analogía). En cualquier caso, los sufijos poseen información acerca de tendencias: las palabras con «-ico» (o su variante «-ático») o las voces producidas por «-logo» son frecuentes en las profesiones de corte científico. Sin embargo, el sufijo «-ero» se puede interpretar como un vestigio de los orígenes artesanal y militar que se subsumen en la moderna profesión de ingeniero.

«Ingenio» e «ingeniero» aparecen en los primeros diccionarios castellanos, pero no así la profesión, la ingeniería[31]. Covarrubias (1611) dice:

> Vulgarmente llamamos ingenio una fuerza natural de entendimiento, investigadora de lo que por razón y discurso se puede alcanzar en todo género de ciencias, disciplinas, artes liberales y mecánicas, sutilezas, invenciones y engaños; y así llamamos ingeniero al que fabrica máquinas para defenderse del enemigo y ofenderle. [...] Las mismas máquinas inventadas con primor llamamos ingenio, como el ingenio del agua, que sube desde el río Taxo hasta el alcáçar, en Toledo, que fue invención de Juanelo, segundo Archímedes. [...] Finalmente, qualquiera cosa que se fabrica con entendimiento y facilita el executar lo que con fuerças era dificultoso, se llama ingenio.

---

[29] J. de HERRERA: *INSTITUCION de la Academia Real Matemática*, Impr. Guillermo Droy, Madrid, 1584 (fol. 2v). Frente al mencionado matiz peyorativo que tiene lo mecánico, Herrera afirma categóricamente (fol. 10) que la «Mecánica [es] madre y maestra de la vida, por los muchos provechos que de ella resultan».

[30] El DRAE todavía mantiene esta como primera acepción de «maquinista». No obstante, el uso del lenguaje ha ido privilegiando la idea del operario que la controla o conduce, frente a la idea del diseñador de la máquina, hoy prácticamente en desuso. El *Webster's Encyclopedic Unabridged Dictionary of the English Language* (Gramercy Books, Nueva York, 1994) recoge bajo *engineer* la misma idea de maquinista: (1) persona versada en el diseño, construcción y uso de motores o máquinas, o en cualquiera de las diversas ramas de la ingeniería; (2) persona que maneja un motor o una locomotora. Además, añade: «Miembro de un ejército, armada o fuerza aérea especialmente cualificado en trabajos de ingeniería».

[31] El que el profesional, el ingeniero, se recoja antes que la profesión, la ingeniería, es hecho frecuente, denotándose el natural antropocentrismo de la lengua.

1.4. Cristóbal de Rojas, *en la ilustración con la que concluye el prólogo de su* Teórica y Práctica de Fortificación *(Madrid, Luis Sánchez, 1598). Arquitecto que colaboró con Juan de Herrera y Tiburzio Spannocchi, llegó a ser nombrado Ingeniero por el rey. Se muestra con coraza y gola, manteniendo un libro de geometría o fortificación en la mano derecha y un compás en la izquierda; exhibe sus armas en el interior de una ciudadela de cuatro bastiones, e instrumentos de dibujo en otra pentagonal. Proclama su identificación con el proyecto imperial colocando un globo terráqueo en el que se presenta gran parte de los territorios de la Corona hispana.*

Como puede comprobarse, «ingenio» se refiere tanto a una facultad del espíritu como a su concreción en una máquina. Sin embargo, a Juanelo Turriano, a pesar de reconocerlo inventor y constructor de un sobresaliente ingenio, no lo tilda explícitamente de ingeniero. Además, los ingenieros quedan reflejados con una clara adscripción castrense. En análoga línea, pero fuera de marco castrense, se expresa el *Diccionario de Autoridades* (RAE, 1732), que, en su primera acepción, define «ingenio» como

> Facultad o potencia en el hombre, con que sutilmente discurre o inventa trazas, modos, máquinas y artificios, o razones y argumentos, o percibe y aprehende fácilmente las ciencias.

Al igual que Covarrubias, también afirma que «se toma por las mismas máchinas e instrumentos artificiosos inventados por los Ingenieros. Lat. *machina*». Es decir, ingenio plasmado en máquinas, aquí explícitamente atribuidas a la invención de los ingenieros, no necesariamente en el ámbito militar. Pero, en el mismo diccionario, «ingeniero» queda recogido en primera acepción como «el que discurre trazas y modos para executar, o conseguir alguna cosa. Lat. *machinator*». No obstante, en su segunda significación particulariza: «Se llama también el que discurre, dispone y traza máquinas y artificios en la arquitectura Militar, para defensa u ofensa de las fortalezas. Es empleo de la Milicia». El DRAE de 1817 (5.ª ed.) tilda de antigua la penúltima, proponiendo como primera acepción: «En la milicia, el que sirve en la disposicion, traza y manejo de las máquinas de guerra y en las obras de fortificacion. *Machinarum bellicarum militaris opifex, director*». Es decir, muy en la línea de lo recogido años antes por Esteban de Terreros y Pando, en su *Diccionario Castellano con las voces de Ciencias y Artes* (Madrid, Viuda de Ibarra, 1786-1793), para quien «injeniero» es:

> El que fortifica las plazas, dispone las líneas de ataques, hace las minas, &c. Fr. *Fortificateur*, *ingénieur*. Lat. *Monitiorum*, [...], *artifex*. It. *Ingegnere*, *fortificatore*, *ingegnero*. De aquí llaman tambien *Injeniero* al que inventa algun injenio, ó máquina. Fr. *Inventeur*, Lat. *Machinarum invéntor*. It. *Ingegnero*.

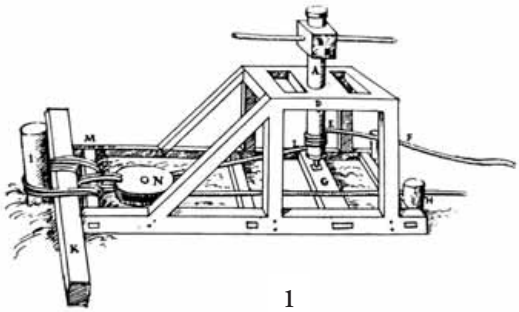
Las acepciones presentadas por Covarrubias o Terreros, así como las últimas recogidas de los diccionarios de la Real Academia Española, denotan una marcada vinculación con lo castrense. Este énfasis no es privativo del castellano: el *Dictionnaire de l'Académie Française* de 1694 presenta como acepción única de «ingeniero» la de «oficial militar»; la edición de 1740 abrirá una segunda acepción: «Se dice también del que dirige otras obras». En su edición de 1727, el *Dictionnaire Universel* de Antoine Furetière (1619-1688) propone la acepción de ingeniero militar, pero añade otra que se puede reconocer como el «machinario» castellano:

> Se dice también en relación a la arquitectura civil, de un hombre inteligente en mecánica, que gracias a las máquinas que inventa aumenta las fuerzas en movimiento, tanto para arrastrar y retirar los fardos, como para conducir y elevar las aguas.

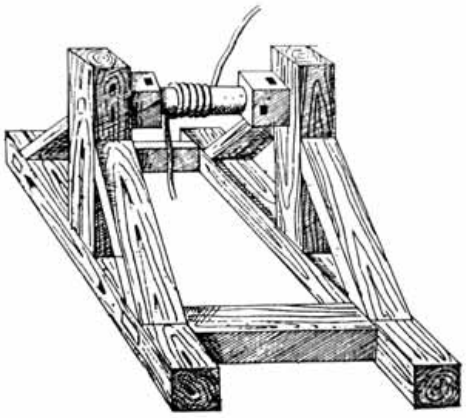
Años más tarde, en la *Encyclopédie* de Diderot todavía se puede leer:

> El nombre ingeniero distingue la destreza, la habilidad y el talento que los oficiales deben tener para inventar. Se les denominaba antaño *engeigneurs*, derivado del término *engin* que significa máquina, porque las máquinas de guerra fueron inventadas en su mayoría por los que las ponían en funcionamiento en la guerra. Engin deriva de *ingenium*; en mal latín esas máquinas se denominaban *ingenia*.

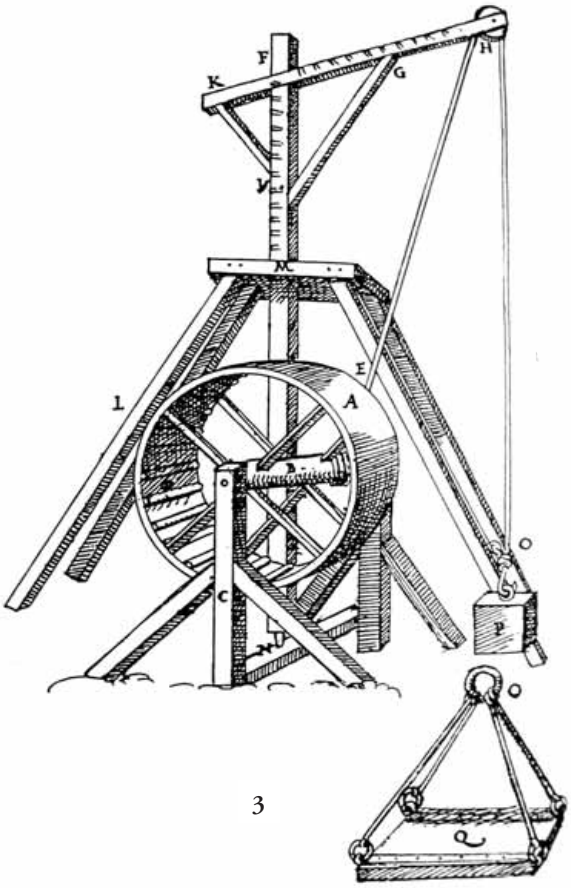
Pasando del profesional a la profesión, «ingeniería» se incorpora al DRAE en 1803 (IVª ed.), únicamente como: «El arte que enseña á hacer y usar de las máquinas y trazas de guerra». Según la 12.ª ed. del DRAE, ¡aún en 1884!, la ingeniería «será» una profesión exclusivamente militar. Cinco años más tarde, en la 13.ª ed. se admitirá implícitamente la participación civil, «Ciencia y arte del ingeniero», mientras que la primera definición nocional no aparecerá hasta 1925 (15.ª ed.):



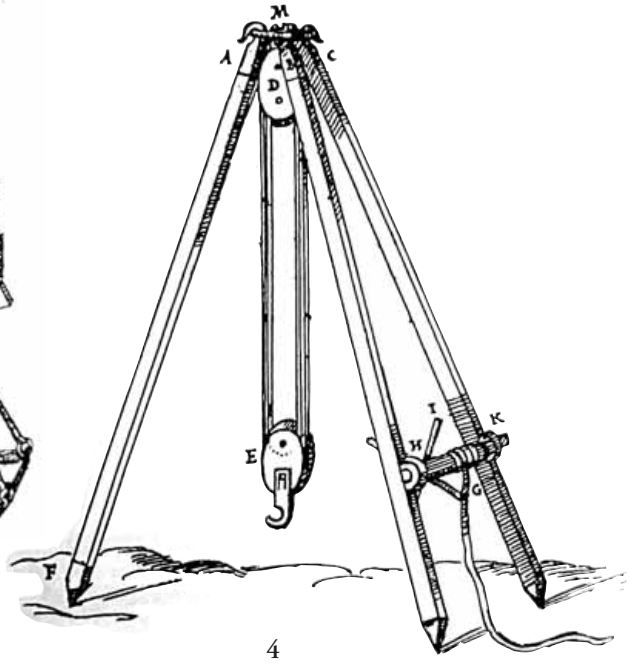
1



2

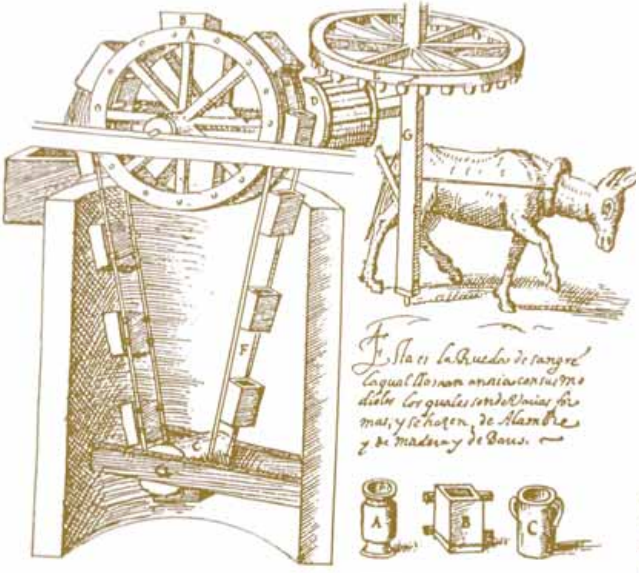


3

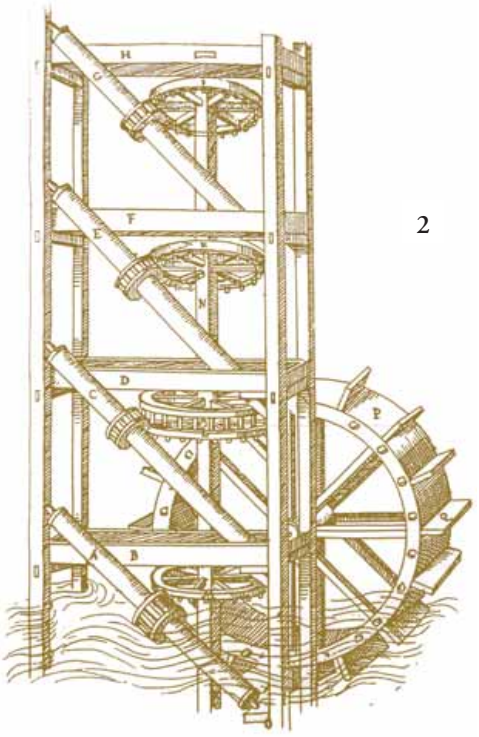


4

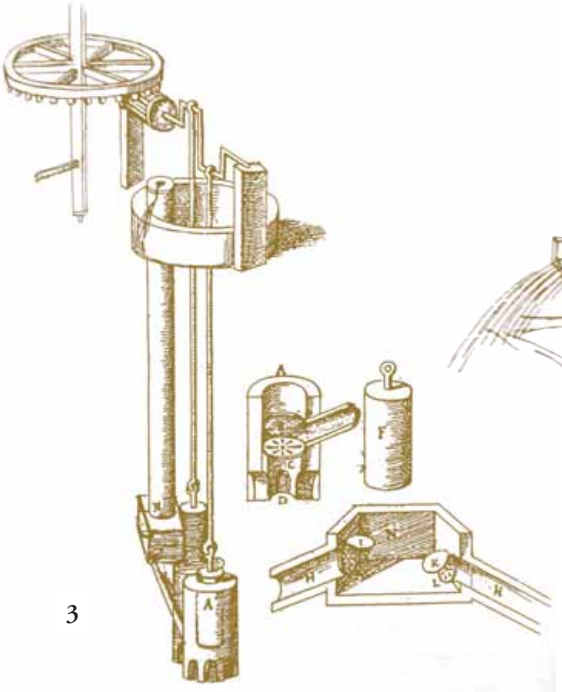
1.5. «Máquinas para arrastrar y retirar los fardos» *(en general, para elevar pesos), según* Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas *(Biblioteca Nacional, Madrid):* ***1. Ergate*** *o cabrestante;* ***2. Torno****;* ***3. Grúa*** *con rueda de pisar; y* ***4. Cabrilla*** *con polipasto (capaz de levantar pesos mayores que la grúa, aunque menos versátil).*



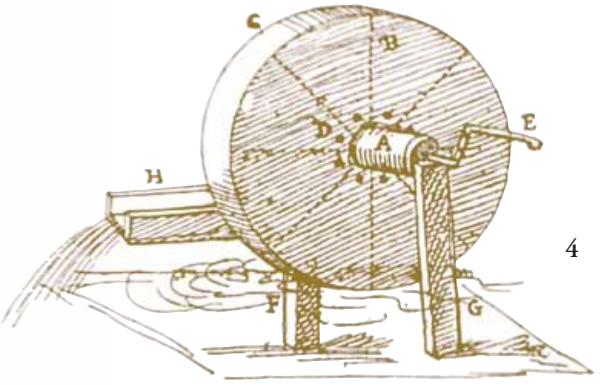
1



2

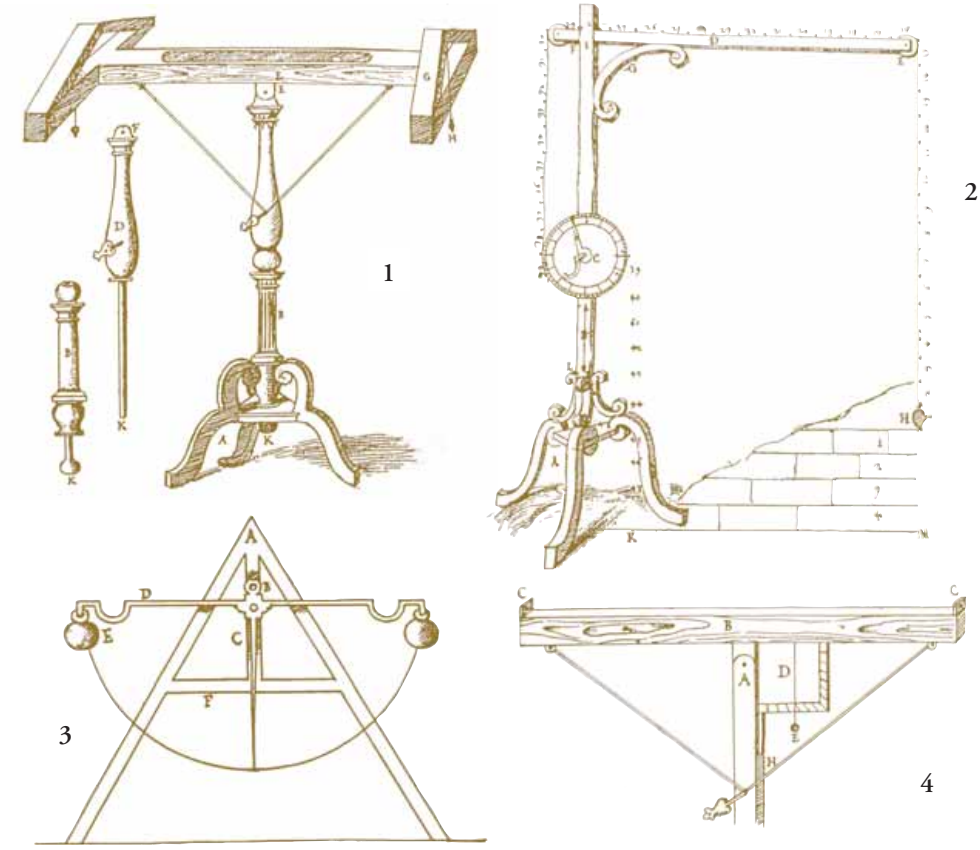


3



4

1.6. «Máquinas para elevar las aguas», *según* Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas *(Biblioteca Nacional, Madrid):* ***1. Noria de cangilones****;* ***2. Cóclea*** *(tornillo de Arquímedes) cuádruple, movida por rueda vitruviana;* ***3. «Tisíbica»,*** *«ctesíbica» o «tecinca» (bomba de pistones aspirante-impelente, de invención atribuida a Ctesibio); y* ***4. Tímpano*** *con manivela.*



1.7. Instrumentos para nivelación, *en* Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas *(Biblioteca Nacional, Madrid):* ***1. Corobate,*** *de origen romano, va provisto de plomadas y una acanaladura para nivelar con agua cuando hay viento;* ***2. Nivel de grados,*** *con plomada y polea graduada, sirve para medir con precisión desniveles entre puntos muy próximos;* ***3. Nivel de tranco*** *con fiel, menos sensible a las rachas de viento que el básico con plomada, pero aún más difícil de transportar; y* ***4. Dioptra,*** *atribuida a Herón de Alejandría, lleva un cuadrante para medir inclinaciones.*

> Arte de aplicar los conocimientos científicos a la invención, perfeccionamiento o utilización de la técnica industrial en todas sus determinaciones.

Como se dijo, la edición de 1925 es la que introduce el sustantivo «técnica»[32]. En la actualidad ingeniería es: «Conjunto de conocimientos y técnicas que permiten aplicar el saber científico a la utilización de la materia y de las fuentes de energía». Algo fisicalista, la definición parece marginar el empleo de la información; por consiguiente, de sectores como la automática, la electrónica, la informática o las telecomunicaciones.

[32] Es algo que se produce en detrimento de «tecnología». Aunque no haya podido confirmarlo, me cabe la convicción de que detrás de estos cambios se encuentra L. Torres Quevedo, que ingresó en

II.2. *Elementos sobre la profesión en la Edad Moderna*

En el Renacimiento, las múltiples necesidades técnicas del imperio hacen que los reyes nombren ingenieros como criados ordinarios, es decir, funcionarios al servicio de la Corona. En su mayoría, tenían relación con la milicia. Por esta razón, de forma convencional se les ha denominado tradicionalmente «ingenieros militares», aunque en un importante porcentaje no eran soldados. En cualquier caso, fuesen nombramientos vitalicios o coyunturales (para la realización de una obra) se dedicaban, principalmente, a la fortificación[33]. Además, hay que indicar que con frecuencia los «ingenieros militares» eran extranjeros, aunque súbditos de la Corona; italianos, en su mayoría, y flamencos. Entre los de origen español destaca Cristóbal de Rojas, arquitecto en origen, que tras su nombramiento llegó a ostentar el grado de capitán *ad honorem*. En su obra *Teoría y práctica de la fortificación* (1598)[34] se presenta como ingeniero de Felipe II.

En múltiples ocasiones, «ingenieros del rey» y soldados se enzarzan en agrias disputas sobre cuestiones de fortificación. Sin que propiamente existiera un Cuerpo de ingenieros, pero sí evidencia de una incipiente estructuración, algunos fueron nombrados «Ingeniero Mayor». Por ejemplo, Leonardo Turriano en Portugal (en 1598, a donde fue a sustituir a Filippo Terzi) y Tiburzio Spannocchi[35] en Castilla (en 1601, aunque su solicitud data de un par de años antes). De este modo, Spannocchi, en quien se aprecian cualidades sobresalientes de geógrafo, cartógrafo, arquitecto y pintor, pasó a depender directamente del Consejo de Guerra y del Capitán General de Artillería.

Muy próximos a los militares-ingenieros, aparecen los artilleros. La artillería es una especialidad castrense cuya separación institucional neta de la ingeniería militar será un proceso que no terminará de resolverse hasta bien avanzado el siglo XVIII. De hecho, los ingenieros reales dependieron de la capitanía general de la Artillería, hasta que en 1711 se fundó el Cuerpo de Ingenieros de los Exércitos, Plazas, Puertos y Fronteras de S. M. El perfil de militar artillero-ingeniero se observa incluso en diversos de los más célebres tratadistas de la época; por ejemplo, en Cristóbal de Lechuga, que llegó a ser Teniente General de la Artillería en los Estados de Flandes y Milán, autor del *Discurso... que trata de la artillería y de todo lo necesario a ella, con un tratado de fortificación y otros advertimentos* (1611).

---

la Real Academia Española en 1920. Su enorme interés por la lengua le llevó a promover un *Diccionario Tecnológico Hispano-Americano*, tarea que no pudo culminarse (v. J. GARCÍA SANTESMASES: *Obra e Inventos de Torres Quevedo*, Instituto de España, Madrid, 1980).

33 J. de HERRERA, *op. cit.*, fol. 16r, afirma que el arte de fortificar fue antiguamente profesión de los alarifes, aclarando que un fortificador ha de saber arquitectura, de máquinas bélicas y de artillería.

34 Véase: *Tres tratados sobre fortificación y milicia*, ed. facsímil, CEHOPU, MOPU, Madrid, 1985.

35 Curiosamente, Spannocchi no era militar. Sin embargo, Juan de Herrera, arquitecto del rey, matemático, cosmógrafo diseñador de instrumentos e ingeniero, fue en su juventud soldado en Flandes.

Se podría decir que los «engeñeros» medievales, especialistas en máquinas bélicas, se transforman en los ingenieros renacentistas, para los que la arquitectura militar constituye una preocupación esencial. Así, los ingenieros complementan su preocupación sobre el «arte de las máquinas» —es decir, por la mecánica— con las relativas a la construcción de fortificaciones[36].

Los «ingenieros militares» renacentistas, todos con nombramientos reales, participaron con frecuencia en tareas civiles: la navegación del Tajo entre Abrantes y Toledo, diseñada y dirigida por Juan Bautista Antonelli y terminada en 1582; la decisiva actuación de Cristóbal Antonelli en la presa de Tibi, acabada en 1594, con más de 40 m de altura, récord mundial durante casi dos centurias; trabajos de urbanización en Pontevedra o en Guetaria, llevados a cabo por Tiburzio Spannocchi; o la reparación de un muelle para preservar la iglesia mayor gaditana, en 1608, por Cristóbal de Rojas. El siglo XVIII perfilará un Cuerpo de ingenieros militares que realizará importantes funciones civiles durante toda la centuria.

En el Renacimiento se distinguen ingenieros no vinculados a la milicia y que trabajan para concejos, instituciones religiosas o particulares. A veces, maestros de obras y artesanos, dado el prestigio de la naciente profesión, se autodenominan ingenieros. En otros casos, sin emplear tal denominación, realizaron obras de ingeniería. Tal ocurre con Pierres Vedel, constructor en Teruel del acueducto-viaducto renacentista español más importante (h. 1554), o del gigantesco túnel —la Mina— realizado bajo el cerro de San Jorge para defender a Daroca de las inundaciones que la asolaban (1555-60).

Pero al margen de la ingeniería de la construcción, se realizaron tareas de ingeniería por: «machinarios» (ingenieros mecánicos; constructores, por ejemplo, de molinos o de máquinas para elevar agua o pesos), empleo de Pedro Juan de Lastanosa, criado ordinario del rey; relojeros, entre los que Juanelo Turriano, al servicio del emperador y de su hijo, es la figura más destacada; fontaneros y niveladores, como el andaluz Francisco de Montalbán, fontanero mayor de las obras de San Lorenzo el Real, etc. Asimismo, en el marco de la ingeniería han de incluirse, desde una perspectiva actual, otras actividades como la construcción naval o la minería y metalurgia, actividades cruciales para el imperio.

Según López Piñero, puede distinguirse entre mecánicos-ingenieros, artistas-ingenieros y científicos-ingenieros[37]. García Tapia[38] emplea una diferenciación si-

[36] En el siglo XVI se entendía por «máquina» «fábrica grande e ingeniosa» (Covarrubias, 1611), y a las fortalezas (las ciudadelas, por ejemplo) se les llegó a denominar «máquinas de guerra».

[37] J. M.ª López Piñero: *Ciencia y Técnica en la Sociedad Española de los siglos XVI y XVII* (1979), p. 53. En paralelo, F. Marías establece, en «El problema del arquitecto en la España del sigo XVI» (1979), una distinción similar, donde se encuentran los arquitectos practicones (que provienen de los gremios constructores), los artistas que llegan a la arquitectura a partir del dibujo figurativo o del modelado (pintores o escultores) y los humanistas, con formación teórica.

[38] N. García Tapia: *Ingeniería y Arquitectura en el Renacimiento español*, Universidad de Valladolid, 1990.

milar, añadiendo ingenieros ocasionales e inventores. En ninguno de los dos casos se expresa una clasificación, dado que muchos ingenieros pueden enmarcarse en más de uno de los epígrafes.

Los ingenieros-científicos, con amplia formación en las artes liberales del *Quadrivium* y conocedores del arte del dibujo, disfrutaban normalmente de una notoria base humanística. Se puede incluso distinguir, según su formación nuclear, entre: (1) matemáticos, conocedores profundos de la geometría euclidiana, la aritmética y sus aplicaciones; (2) astrónomos-cosmógrafos, que dedicaron esfuerzos a temas cartográficos o de nivelación (por ejemplo, para trazar los abastecimientos de agua a las ciudades); y (3) especializados en la filosofía natural, es decir, en las ciencias físicas y naturales. En el otro extremo, los ingenieros-prácticos eran, habitualmente, «maestros artesanos» destacados. Les diferencia su vinculación directa a las obras y una relativamente escasa formación teórica, lo que en ocasiones les llevó a fracasos. Una prueba de la aproximación entre el desempeño artesano y la literatura técnica del momento, vehículo formativo de la actividad como arte liberal, es el caso de Jaime Fanegas, fustero singular, con interesante biblioteca, activo en territorios del Reino de Aragón, a quien por algunas de sus obras podría hoy reconocérsele como ingeniero[39].

Los artistas renacentistas españoles se encuentran en el tránsito de su valoración como artífices mecánicos a liberales, en un proceso que seguirá abierto en el siglo XVII. Los ingenieros-artistas son frecuentes en esta época. Solían ser «arquitectos»[40], ya que ambas profesiones no estaban bien deslindadas, tema sobre el que se volverá. También podían ser escultores, pintores o incluso orfebres. El anteriormente aludido Pierres Vedel fue adjetivado por sus hijos como «esculptor y architector». En *Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas*[41], el más importante tratado europeo de ingeniería hidráulica del Renacimiento, el autor[42] defiende su arte como «architectura hidráulica», distanciándose de la denominación de ingeniero por sus adherencias militares y artesanas:

---

[39] Por ejemplo, realizó un puente de madera sobre el río Cinca, en Monzón, y otro sobre el Ebro, en Zaragoza; construyendo norias puso en regadío algunas tierras en el entorno de Zaragoza; y participó en ciertos negocios mineros en relación con los marqueses de Camarasa (v. C. GÓMEZ URDÁÑEZ: «Artistas-ingenieros en Zaragoza en el siglo XVI», en *Actas del Congreso «Jerónimo Zurita. Su época y su escuela»,* Zaragoza (I), pp. 467-474, 1986).

[40] En su mayoría así autodenominados, pues fueron pocos los que disfrutaron como tal de un título oficial.

[41] Una cuidada edición facsímil: J. A. GARCÍA DIEGO (ed.): *Los veintiún libros de los ingenios y máquinas de Juanelo Turriano*, Fundación Juanelo Turriano y Eds. Doce Calles, Madrid, 1996.

[42] N. GARCÍA TAPIA lo atribuye a un ingeniero montisonense: *Los veintiún libros de los ingenios y máquinas de Juanelo, atribuidos a Pedro Juan de Lastanosa*, Diputación General de Aragón, Zaragoza, 1997.

> [...] y hoy día de los que el vulgo llama yngenieros y por mejor dezir de los que se hacen llamar ingenieros, y estos han tomado este exercicio pretendiendo que las cosas de la guerra y las fabricas de agua son una misma cosa, de lo qual veo ir engañados a muchos y aún engañan a muchos, en especial a los príncipes que tales edifficios mandan hazer a soldados o a canteros o a picapedreros [...]. De modo que toda la sciencia destos ingenieros, es toda su sciencia solo parlar muy largo y blasonar mucho de las faltas que otros han hecho, y las suyas cúbrenlas con ropas de otros (II, 558).

Si bien los más significados ingenieros fortificadores fueron en gran parte súbditos de la Corona procedentes de Italia, en el resto de los perfiles dominaban los españoles. Ello no quita para que llegara a haber extranjeros que nada tuvieron que ver con la milicia, aunque estuviesen muy bien considerados por las arcas reales, el ingeniero hidráulico milanés Giovanni Francesco Sitoni[43], por ejemplo.

Para concluir estos apuntes sobre los ingenieros renacentistas, permítasenos concatenar dos citas complementarias sobre la profesión en el marco europeo. Según B. Gille:

> En el siglo XV [...] comienza a dibujarse nuestro ingeniero del Renacimiento, artista y artesano, militar, organizador de fiestas, con toda su complejidad y todo su genio que le darán la ilusión de una eficacia sin límites[44].

Esa «explosión del genio» llevará en muchos casos a un solapamiento entre innovación-creación y fantasías, al punto de que:

> Durante casi un siglo [a partir de finales de los 1480s], ingenieros italianos se dispersaron por toda Europa, desde Madrid a Moscú y de vuelta a Gran Bretaña, monopolizando los mejores trabajos, creando bellas máquinas, construyendo palacios y fortificaciones, y ayudando a entrar en bancarrota a todo gobierno que los contratara. Para los nativos, pagadores de los impuestos, eran una plaga de langostas, pero los soberanos del siglo XVI los consideraban indispensables[45].

La institucionalización de la ingeniería en España comenzará en el Siglo de las Luces. En 1711 se funda el Cuerpo de Ingenieros de los Exércitos, Plazas, Puertos y Fronteras de S. M.[46] A lo largo del siglo XVIII será, sin duda alguna, la más importante corporación técnica de la Corona española. A los ingenieros militares compitieron no solo las funciones castrenses propias (fortificaciones y comunicaciones, en particular) sino las civiles, de reconocimiento e intervención territorial, en particular a través de obras públicas estructurales. Así, de una precaria red viaria descentralizada, favorecida por la geografía e impuesta por los intereses de la Roma

---

[43] J. A. García-Diego y A. Keller: *Giovanni Francesco Sitoni, Ingeniero Renacentista al Servicio de la Corona de España,* Fund. Juanelo Turriano, Ed. Castalia, Madrid, 1990.

[44] B. Gille: *Les Ingénieurs de la Renaissance,* 1964 (p. 8).

[45] L. White, Jr.: «The flavor of Early Renaissence Technology», en *Developments in the Early Renaissance* (B. A. Levy, ed.), Albany, 1972 (p. 41).

[46] H. Capel *et al.*: *De Palas a Minerva,* 1988.

Imperial, se pasa a otra radial, diseñada por Fernando Ward en 1754 y puesta en marcha por Carlos III, reflejo de la concepción centralista de la nueva casa reinante. Los ingenieros militares proyectaron y dirigieron la construcción de caminos, puentes, canales, puertos, Reales Fábricas e incluso hospitales, escuelas y palacios. Tuvieron también relevantes funciones en el trazado urbanístico de ciudades y su labor cartográfica fue de primera magnitud. En 1774 se organizó el Cuerpo en tres ramos: (1) Plazas y Fortificaciones del Reino; (2) Caminos, Puentes, Edificios de Arquitectura Civil, Canales de Riego y Navegación, y (3) Academias Militares de Matemáticas (Barcelona, Orán y Ceuta). El segundo ramo, con cometidos claramente civiles y treinta miembros, pasó a operar bajo el mando de Francisco Sabatini (1722-1797) y se ocupó de obras de infraestructura y edificación sostenidas por la Corona.

En el ámbito militar, además del Cuerpo de Ingenieros de los Exércitos, etc., se fundará el Cuerpo de Ingenieros de Marina (1770), del que dependerá la Academia de Ingenieros de Marina (Cádiz, 1772). La Armada pretendía con ello la autosuficiencia en temas de construcción naval y de arsenales, así como el acondicionamiento de instalaciones en sentido amplio. Esto significó una pérdida de competencias para los ingenieros «de Tierra» ya que, por ejemplo, de acuerdo con la *Ordenanza e Instrucción para la enseñanza de las Matemáticas en la Real y Militar Academia que se ha establecido en Barcelona y las que en adelante se formaren* (1739), entre las misiones del cuerpo se contaba el «adaptar los puertos de mar remediando con el arte los defectos de la naturaleza». La creación por Godoy, en 1796, del Cuerpo de Ingenieros Cosmógrafos, especializado en geodesia y cartografía, será otra amenaza para las competencias de un Cuerpo que había tenido esa como una de sus principales responsabilidades durante el siglo XVIII.

Este vertiginoso resumen resalta las vinculaciones con lo militar de la profesión de ingeniero en sus orígenes, lo que justifica algunas de las acepciones encontradas en los diccionarios. Pero no hay que olvidar la existencia de actividades artesanales, gremiales, como precursoras de la moderna ingeniería. Adicionalmente, se ha de mencionar la destacada labor de enseñanza y difusión de la técnica realizada por diversas escuelas en el seno de Reales Sociedades de Amigos del País (las de Vergara, Madrid y Zaragoza, entre otras), o de Juntas (Particulares) de Comercio, la de Barcelona muy especialmente. Además, iniciativa directa de la Corona será la creación de la Escuela de Delineadores o Geómetras Subterráneos de Almadén (1777), para «enseñar a los jóvenes profesores de Mathemáticas, que se remitieran de estos Reynos, y los de América, para que se destinen e instruyan en la Theórica, y prácticamente en la Geometría Subterránea y Mineralogía», a partir de la que se fundará la Escuela Especial de Ingenieros de Minas de Madrid (1835). También la creación de la Inspección General de Caminos y Canales (1799) —de la que emanará la Escuela de Caminos y Canales (1802)—, antecedente del Cuerpo de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Minas y Caminos son las dos ingenierías puramente civiles que tienen sus raíces en el XVIII. La creación de la última, como anteriormente la de los

estudios de arquitectura en la Real Academia de Bellas Artes, serán también motivos de pérdida de competencias para el más importante Cuerpo técnico durante el Siglo de las Luces.

Entrado el Ochocientos, pasado el nefasto reinado de Fernando VII y con la llegada de los liberales, las ingenierías civiles comenzarán su consolidación definitiva. En esta línea, mediante un Real Decreto de 1835 se crea un Cuerpo de Ingenieros Civiles. Teóricamente estará integrando por cuatro Inspecciones: las de ingenieros de Caminos, Canales y Puertos[47] y de Minas, al tiempo que se instituyen las de ingenieros Geógrafos y de ingenieros de Bosques. Con objeto de racionalizar la enseñanza preparatoria a las cuatro escuelas especiales correspondientes, en noviembre del mismo año se crea un Colegio Científico, que no llegó a abrir sus puertas. Aunque este Cuerpo de Ingenieros Civiles no funcionó como tal[48], se puede considerar que a partir de su definición comienza, con altibajos, la consolidación definitiva de las ingenierías civiles en este país.

II.3. *Arquitecto e ingeniero*

Arquitectura e ingeniería han sido, en muchos aspectos, profesiones indiferenciadas hasta su moderna institucionalización, ya avanzado el siglo XVIII, incluso en el primer tercio del XIX. Por problemas de competencias profesionales, su deslinde ofrecía, e incluso sigue presentando en la actualidad, algunos puntos de fricción. Arquitectos e ingenieros, junto con los practicantes de diversos «oficios matemáticos» como cosmógrafos y cartógrafos, formaron la parte «técnica» de la elite intelectual que comienza con el Renacimiento.

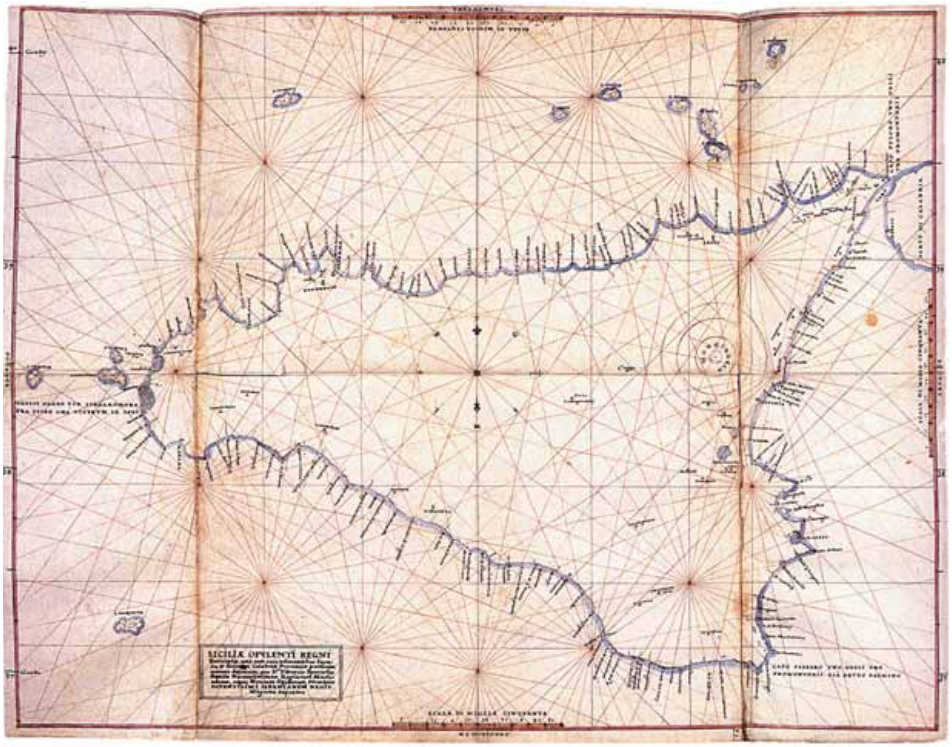
Arquitecto, en su acepción básica —técnico especializado en el arte de proyectar y construir edificios—, significa etimológicamente «el primer [*árkhó*] obrero o carpintero [*téktón;* derivado de *tiktó,* produzco, doy a luz]», es decir, el principal constructor. Procediendo de forma análoga a como ocurría con la ingeniería, el *Tesoro* de Covarrubias (1611) aún no define la profesión, pero sí al «architecto»:

> Vale tanto como maestro de obras, el que da traças de los edificios, y traza las plantas, formándolo primero en su entendimiento. Está compuesto este nombre de αρχος, *príncipes* et τεχτων*, faber, pricipalis faber, fabricandi artem habens* [....].

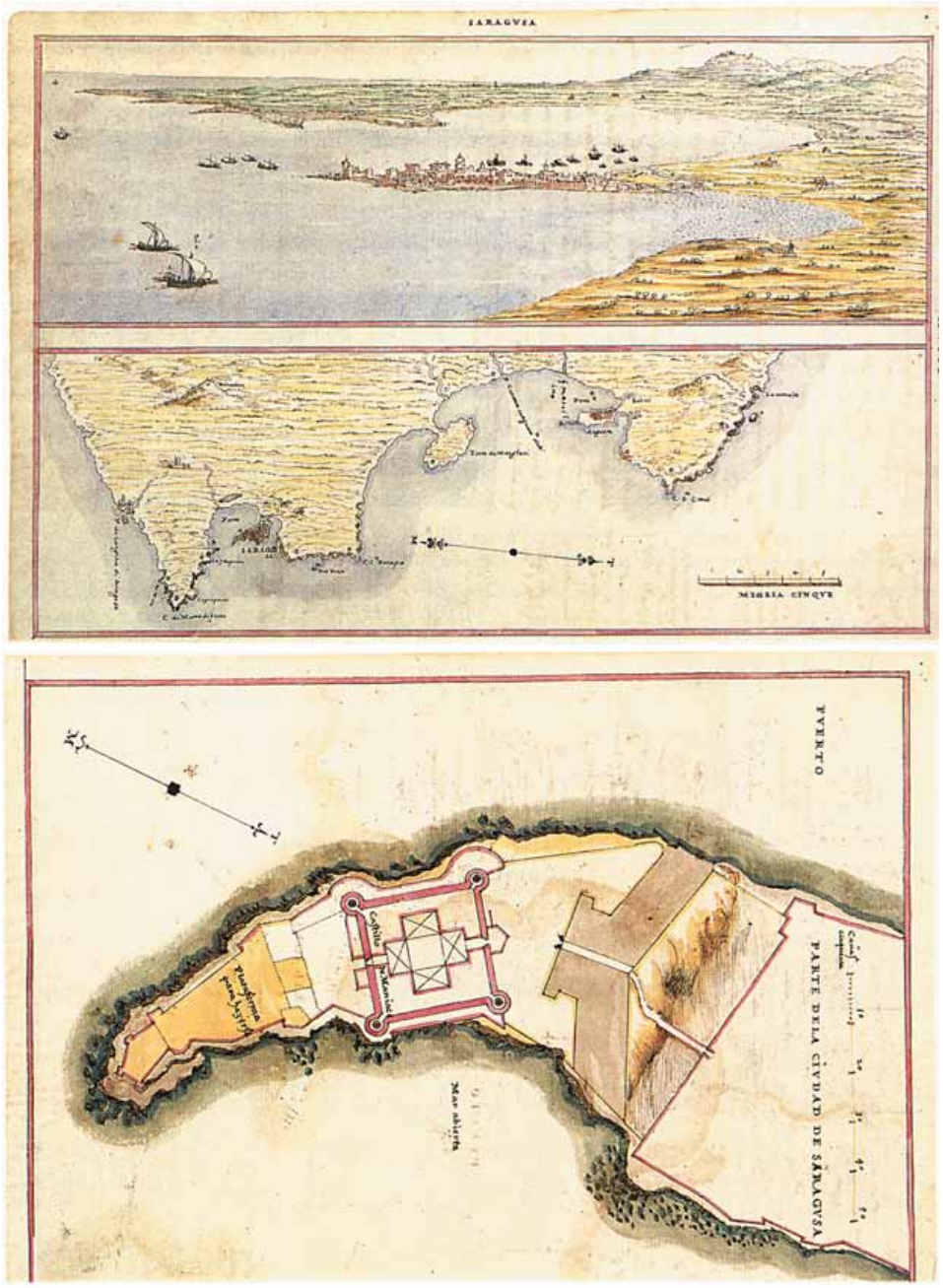
De forma dual, Covarrubias entiende como maestro de obra «el que da la traça y hace la planta y montea de la obra principal, *latine fabricensis*; vulgarmente se

[47] A los ingenieros de Caminos y Canales se les reconoce en 1835 competencia en puertos y faros. Según A. RUMEU DE ARMAS (*Ciencia y Tecnología en la España Ilustrada: La Escuela de Caminos y Canales,* Ediciones Turner, Madrid, 1980, p. 435): «La ley de presupuestos, promulgada el 26 de mayo de 1835, encomendó al Ministerio del Interior la dirección y conservación de las obras de puertos y faros, que habían dependido del ramo de la Marina [...]».

[48] En efecto, en 1836 se reglamentan por separado los Cuerpos de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, y de Minas. El Cuerpo de Ingenieros de Montes (no de Bosques) se organizará efectivamente cerca de veinte años más tarde, mientras que el de Ingenieros Geógrafos tendrá que esperar a los comienzos del siglo XX.


SICILIÆ OPVLENTI REGNI
SCALA DI MIGLIA CINQVANTA

PVERTO
S. SARAGVSA



***1.8. Tiburzio Spannocchi,* Descripción de las marinas de todo el Reino de Sicilia** *(h. 1578; manuscrito n.º 788, B. N. de Madrid). El control del territorio lleva introducir variados niveles de descripción, desde el corográfico general (Sicilia), pasando por mapas y vista con Saragusa (Siracusa), hasta el arquitectónico (el castillo y plataforma por hacer).*

llama arquitecto». Es decir, asume «arquitecto» y «maestro de obras» como términos equivalentes, algo etimológicamente correcto. En efecto, «maestro» deriva de *magister,* propiamente «jefe, director», lo que puede tomarse como análogo a *arqui-archi* [*árkhó*], de donde se comprende la sinonimia expresada. Diego de Siloe (escultor) y Pedro Machuca (pintor), dos de nuestras *águilas*, nunca se llamaron o fueron denominados arquitectos. No obstante, el uso del neologismo castellano «arquitecto» (h. 1520), derivado del griego, en vez del latino «maestro de obras», tiene un significado profundo, presente en el tratado de Marco Vitruvio Pollion, *Los diez libros de Arquitectura*, reinterpretado y perfilado por el humanista León Battista Alberti en *De re aedificatoria* (1485).

Se puede afirmar que el concepto vitruviano de arquitectura supera al actual en extensión, comprendiendo no solo aspectos urbanísticos y de construcción de edificios, sino también de infraestructuras (por ejemplo, los acueductos y canales) y máquinas (tractoras y elevadoras de pesos, elevadoras de agua), incluso las de corte militar ofensivo. En esta visión de la arquitectura se fundamenta una parte sustancial del enorme solapamiento de funciones entre arquitectos e ingenieros que se arrastró hasta el siglo XIX. Desde un punto de vista conceptual, el cambio producido en el Renacimiento es sustancial porque su actividad se desplaza desde *ars* a *sciencia*, pasándose a diferenciar el diseño (la idea) y la materialidad (la obra). El diseño será la labor esencial del arquitecto. Al igual que en el caso de los ingenieros, el ingenio es consustancial al arquitecto. Pietro Cataneo, en *I Quattro Primi Libri di Architettura* (1554), además de una buena base científica, requería del arquitecto estar «di natural ingegeno dotato», dado que «essendo ingegenoso senza sciencia, overo scientífico senza ingegno, non potia farse perfetto Architettore».

Actividad mental y erudita —por consiguiente, arte liberal— será la de los arquitectos e ingenieros. De hecho, el control detallado de la obra o instalación se delegará en los maestros nombrados al efecto. Al separar la expresión de la idea de su realización, tendrán que proveerse lenguajes. Al igual que para los ingenieros, las ideas se comunicarán básicamente merced a representaciones en un plano, mediante dibujos, o en el espacio, mediante maquetas. Esto planteará cuestiones relativas a la primacía de las artes, observándose en el primer caso relaciones privilegiadas con la pintura, mientras que en el segundo caso lo serán con la escultura[49].

Durante el XVI, en medios artísticos y humanistas españoles, la pauta del nuevo concepto de arquitecto[50] se puede trazar a partir de Diego de Sagredo y su *Medidas*

[49] Las cuestiones relativas a la primacía entre las artes se tratan, por ejemplo, en J. M.ª GENTIL BALDRICH: *Traza y Modelo en el Renacimiento,*. Instituto Universitario de Ciencias de la Construcción, E.T.S. de Arquitectura de Sevilla, 1998; H. A. MILLON y V. M. LAMPUGNANI (eds.): *The Renaissance from Bruneleschi to Michelangelo. The representation of Architecture,* Thames & Hudson, 1994.

[50] Sobre el arquitecto renacentista pueden consultarse L. CERVERA VERA: «El arquitecto humanista ideal concebido por León Battista Alberti», *Revista de Ideas Estéticas,* 146, XXXVII, 1979, pp. 119-145; F. MARÍAS: «El problema del arquitecto en la España del sigo XVI», *Academia,* (48), 1979, pp. 173-216,

del romano (1526). Sagredo fue un humanista, conocedor no solo de la geometría, la aritmética y el dibujo, sino también de la historia, la filosofía, la geografía, la medicina, la astrología..., necesarias para alcanzar el ideal vitruviano expresado por los requisitos de solidez (*firmitas*), utilidad (*utilitas*) y belleza (*venustas*). Frente a este profesional, en ámbitos artesanos se emplearán a veces los términos *architecto/architeto/architector* con valor contractual, refiriéndose a mazoneros, entalladores, ensambladores e, incluso, escultores. En suma, arquitecto es término usado por retablistas distinguidos, donde se valora la «composición» y la ordenación del conjunto —algo que en un retablo, desde un punto de vista arquitectónico, es esencialmente bidimensional— frente a los detalles escultóricos o pictóricos.

Según F. Marías, a mediados del XVI solo se autodenominan arquitectos Francisco de Villalpando (se le reconoce como «architecto y Iometra» en la licencia real de impresión de su traducción parcial al castellano de las *Regole generali di architectura* de Sebastiano Serlio, 1552) y los arquitectos reales Juan Bautista de Toledo (1561) y Juan de Herrera (1567). Los nombramientos de ingeniero son algo más tempranos. Por ejemplo, García Tapia da cuenta de un tal Abraham de los Escudos, vecino de Burgos, denominado «ingeniero de los reyes», a quien se termina eximiendo del pago de algunos impuestos en su ciudad merced a una intervención real, dado el carácter liberal de su profesión[51].

Ni los ingenieros ni los arquitectos reconocidos como tales fueron muchos en el siglo XVI. En cualquier caso, algunos arquitectos (p. ej., Cristóbal de Rojas) solicitaban ser nombrados ingenieros por el rey, dado que esta profesión, especialmente si estaba ligada a la fortificación, fue de las mejor pagadas en tiempos de Felipe II y Felipe III.

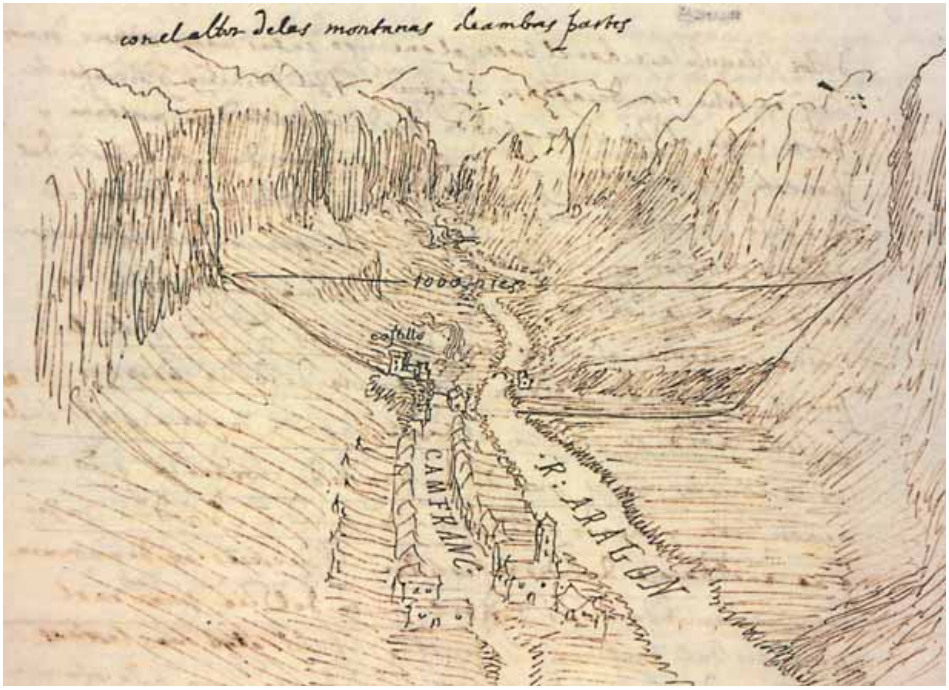
Dando un salto en el tiempo hasta la España borbónica, el *Diccionario de Autoridades* (RAE, 1726) define «arquitecto», en línea con Covarrubias, como «Maestro de obras que idea y traza las fábricas de los edificios». Asimismo, introduce el concepto de arquitectura:

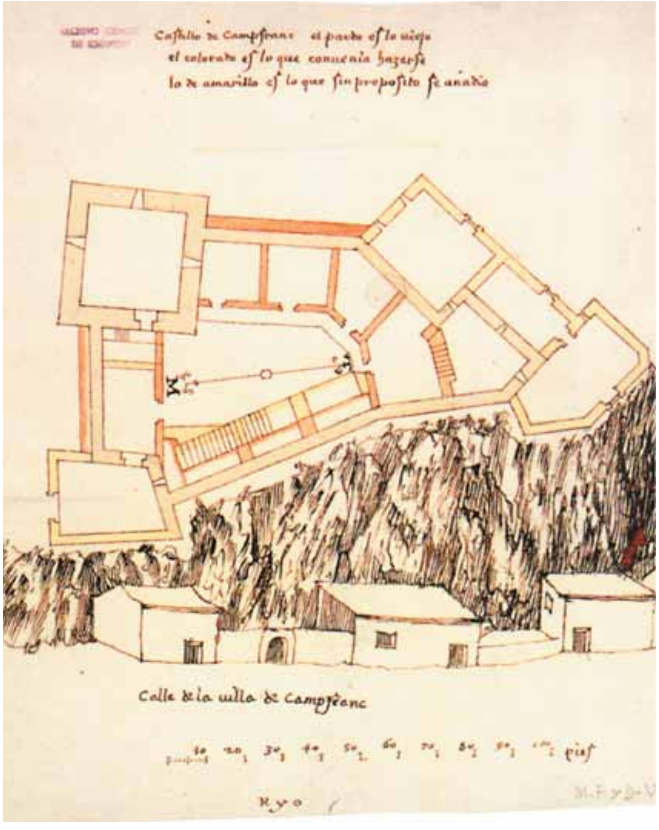
> Ciencia que enseña à edificar tales fábricas, que puedan cómodamente habitar en ellas los hombres, atendiendo a su firmeza, conveniencia y hermosura, proporcionándolas al fin para que se erigen.

Indicativa de la evolución y reglamentación de la profesión es la acepción de la RAE (1770) según la cual arquitecto es «el que está instruido en todas las partes de la

1979; C. GÓMEZ URDÁÑEZ: «Sobre el arquitecto vitruviano. De la Antigüedad al Renacimiento», en *Difusión del Arte Romano en Aragón,* Zaragoza, Institución «Fernando el Católico», 1996, pp. 265-296. En un marco más general: S. KOSTOF (coord.): *The Architect. Chapters in the History of the Profession*, Oxford University Press, 1977 (*El Arquitecto: Historia de una Profesión*, col. Ensayos Arte, Cátedra, 1984).

51 N. GARCÍA TAPIA: «Los ingenieros y sus modalidades», en *Historia de la Ciencia y de la Técnica en la Corona de Castilla*, J. M.ª LÓPEZ PIÑERO (dir.), vol. III: *siglos XVI y XVII*, 2002 (p. 151).





1.9. Tiburzio Spannocchi (1592): *uno de los múltiples resultados de su presencia en el Pirineo, con objeto de fortificar la frontera, son estos dibujos del valle y el castillo de Canfranc (Archivo General de Simancas, M. P. y D. VI-113 y VI-57).*

arquitectura, y la exerce con título de tal». Un siglo más tarde (RAE, 1884) se adoptará, en esencia, la definición actual: «El que profesa ó ejerce la arquitectura».

En resumen, «ingeniero» (h. 1450) se introduce antes que «arquitecto» (1520), sin embargo «arquitecto» y «arquitectura» se estabilizan conceptualmente antes (en el propio Renacimiento) que «ingeniero» e «ingeniería», aunque su empleo era muy restringido.

II.4. Ingénieur «versus» engineer: *dos tradiciones profesionales diferenciadas*

El vocablo «ingeniero» se matizará de forma muy diferente en el continente europeo y en las islas británicas. En el primer caso, vinculados en gran parte, pero no exclusivamente, a cuerpos de la Administración del Estado (formados en escuelas como la École Polytechnique, la de Ponts et Chaussées o la Centrale d'Arts et Manufactures en Francia, o las Escuelas Especiales españolas decimonónicas), los ingenieros constituirán una destacada elite intelectual y profesional[52]. Mientras tanto, en la industrializada Inglaterra, «ingeniero» se comprenderá como un derivado de *engine*, máquina[53], motor; es decir, ingenio en su cuarta acepción, «máquina o artificio mecánico», que se remonta al medieval *engegno.* Tal acepción también se apunta en el *Tesoro* de Covarrubias, quien afirma que «cualquiera cosa que se fabrica con entendimiento y facilita el executar lo que con fuerças es dificultoso y costoso, se llama ingenio». La misma significación aparece, en cuarto lugar, en el propio *Diccionario de Autoridades* (1732), donde ingenio se define como «las mismas máchinas è instrumentos artificiosos inventados por los Ingenieros»; o sea, las máquinas y otros artefactos como «condensación» material y funcional del ingenio-capacidad intelectual. Algo ya reflejado en el *Tesoro* de Covarrubias (1611), el ingenio pasa del espíritu al producto. Recuérdese que *machinista* e «ingeniero» son reconocidos como sinónimos por el *Diccionario de Autoridades*.

Conviene detenerse en las raíces de la dualidad de concepciones en la ingeniería. En el siglo XVIII se manifiestan en Europa dos hechos de gran trascendencia: la *Encyclopédie* y la Revolución Industrial. Dirigida por Diderot y D'Alembert, la *Encyclopédie* se edita en Francia a partir de 1751. Se inspira en una ideología burguesa, valorando las ciencias y las técnicas (las artes), especialmente en cuanto se impli-

---

[52] Prueba de ello es que el color distintivo de la profesión, portado en el fajín y el plumero llorón de los uniformes, se unificará (1910) en el morado, el de la Casa Real, también empleado por los ingenieros militares.

[53] Tomado de *machina* (lat.), que proviene del griego dialectal *makhaná,* lo que significa «invención ingeniosa». Entre otros son derivados en castellano: mecánico (h. 1280; procedente de μηχανικός), maquinista (1600), maquinaria (1708), mecanismo (1822) (v. J. COROMINAS, *op. cit.*). Las máquinas son artefactos, objetos concebidos, planificados y construidos. La explicación de máquina en el *Tesoro* de Covarrubias resulta hoy en día curiosa: «Fábrica grande e ingeniosa, del nombre latino *machina.* Máquina bélica, es la que haze el ingeniero para dañar a los contrarios; estas son muchas y varias, *vide Vitruvium*, lib. 10, cap. 19. Maquinar alguna cosa significa fabricar uno en su entendimiento traças para hazer mal a otro». Aún hoy en día «maquinar» tiene un sentido peyorativo, sinónimo de «urdir, tramar, intrigar» (v. S. GILI GAYA, *Diccionario de sinónimos,* 1970)..

quen en la producción. Participan en su escritura los filósofos (Voltaire y Rousseau, entre otros muchos), difundiendo un pensamiento abierto a la duda metódica, siempre crítico ante la tradición. Será un catalizador importante para la Revolución Francesa (1789), en la que las ciencias llegarán a ser valoradas hasta el punto de ser, en cierto sentido, elevadas a sucedáneo de la religión. Entre tanto, se crea la École des Ponts et Chaussées (1747), la primera escuela de ingeniería no militar europea. Su objetivo es formar ingenieros que entrarán a servir al Estado en cuerpos especializados, con misiones constructivas análogas a las de los ingenieros militares, pero en ámbitos civiles.

Paralelamente en Inglaterra (en Birmingham y Manchester, principalmente), a partir de 1770, en un ambiente de intensa actividad industrial, artesanos-inventores-emprendedores hacen gala de una enorme creatividad técnica. No existe una enseñanza reglada del arte del ingeniero, sino que el aprendizaje se realiza en el taller, bajo la tutela de maestros; es decir, el esquema de transmisión del conocimiento es, esencialmente, de tipo gremial. En este ambiente, algunos industriales textiles, constructores de máquinas, inventores, se reúnen regularmente en un club para intercambiar puntos de vista. Bajo el liderazgo de John Smeaton, se terminan autodenominando *civil engineers*, expresión con la que pretenden diferenciarse de los ingenieros militares, los *Royal Engineers.*

La denominación «ingeniero civil» pasó al continente europeo. En Francia designó inicialmente a los ingenieros de Ponts et Chausées o, más en general, a los dedicados a esa rama constructiva (recuérdese la segunda acepción en el *Dictionnaire* de Furetière, de 1727). No obstante, al ser funcionarios de la Administración del Estado, se les pasa a llamar *ingénieurs d'État,* reservándose el calificativo «civil» para los que realizan el ejercicio privado de la profesión (en empresas o de forma libre, aunque fueran antiguos miembros de los cuerpos de ingeniería). Son particularmente beneficiarios de la denominación «civil» los formados en la École Centrale d'Arts et Manufactures (París, 1828), modelo sobre el que se definirán en España los estudios de ingeniería Industrial[54].

Desde esta perspectiva, los ingenieros franceses se clasificaban en: militares, de Estado (es decir, pertenecientes a los cuerpos administrativos civiles del mismo) y civiles (en empresas o ejerciendo la profesión libremente). En su edición de 1935, el *Dictionnaire de l'Académie Française* mantiene, en toda su generalidad, que ingeniero civil es el «que no pertenece a los servicios públicos». Según esta apreciación, en la España decimonónica los únicos ingenieros propiamente civiles son

[54] La École Centrale no fue creada por la Administración; fue iniciativa privada que solo en 1857 pasó a ser financiada por el Estado, aunque nunca ha sido escuela de un cuerpo. Desde los comienzos, imprimió a sus alumnos un perfil de ingeniero generalista, orientado hacia el desempeño profesional en la (gran) industria. De carácter menos cientifista, más próximo a las necesidades de la industria privada, representó un claro talante liberal y civil, tratando de implantar una concepción alternativa a la de la École Polytechnique.

los industriales. En clara oposición, el DRAE (17.ª ed., 1884) introduce el sintagma y conceptúa al ingeniero civil como «el que pertenece á cualquiera de los cuerpos facultativos no militares consagrados á trabajos y obras públicas». En esencia, es la acepción administrativista, sorprendentemente aún en vigor en el DRAE. Al margen de lo recogido, en el lenguaje ordinario se designa como ingeniero civil al no militar (sea o no funcionario) y, de forma más específica, a las ramas de ingenieros constructores (principalmente, Caminos, Canales y Puertos), aunque no trabaje para la Administración.

En resumen, en el siglo XVIII se evidencian las dos tradiciones básicas de la ingeniería no militar en Europa. Una, continental, de raíz administrativa y que nace en Francia, *Ingénieurs d'État*, con sus escuelas propias, en las que se enseña la ciencia y el arte de la rama de la ingeniería que corresponde al cuerpo administrativo[55]. De formación academicista, el término «ingeniería» hay que entenderlo en este caso como derivado de «ingenio», *ingenium*, en su acepción de capacidad intelectual. La segunda tradición, de iniciativa privada, aparece como una forma evolucionada de la gremial, e «ingenio» adquiere su sentido como sinónimo de máquina (*engin*); es decir, «ingenio físicamente plasmado» en un artefacto. Los ingenieros continentales surgen desde y para la cúpula de la administración, los británicos emergen desde abajo, gremialmente, desde el taller.

La expresada dualidad de concepciones, «facultad intelectual, mundo de la idea, del arte liberal» *versus* «máquina, la cosa, la obra», se traduce en instituciones educativas muy diferenciadas, que han respondido históricamente a misiones sociales bastante distintas: en nada se parecen conceptual y metodológicamente los estudios en las «Grandes Écoles» francesas con los correspondientes de los tradicionales «Polytechnic Institutes» británicos, recientemente en proceso de «reconversión» en universidades. De este modo, se determina una tradición dual de la ingeniería en Europa que, aún hoy, explica la diferente imagen social de los ingenieros en el continente y en Gran Bretaña: *engénieur-ingenium «*versus» *engineer-engin.*

En la España decimonónica, los ingenieros civiles serán de Minas; de Caminos, Canales y Puertos; de Montes; Industriales; y Agrónomos. Todos estarán integrados en

[55] En la España de esa época, gozarán de prestigio y de honores próximos a la tradición militar, vinculada a la aristocracia bajo el Antiguo Régimen. Muestra del aprecio hacia la formación rigurosa en las artes de la minería, en 1778 el rey concede a los alumnos de la Escuela de Delineadores o Geómetras Subterráneos de Almadén una distinción militar: los Cordones de la Corona de Nueva España. En sentido inverso, si se puede decir, el poder castrense se ve obligado a ceder competencias en favor de los nuevos ingenieros civiles. Según J. CARRILLO DE ALBORNOZ Y GALBEÑO (*Abriendo Camino: Historia del Arma de Ingenieros,* Fundación Central-Hispano, Madrid, 1997), ante la creación de la Inspección General de Caminos y Canales (1799), «los Ingenieros del Ejército [que] se veían separados de algunas de sus más importantes funciones, aparte de las más específicas relativas a la construcción de fortificaciones o edificios de carácter militar, [...] se sintieron francamente inquietos por el futuro de sus competencias».

Cuerpos facultativos de la Administración, con la notable excepción de los Industriales[56].

La emblemática profesional de los ingenieros civiles tendrá distintivos de dignidad caros a la milicia[57]: uniformes —en su mayoría, de clara influencia castrense— con espada, bastón de mando, fajín y bicornio con plumero llorón. Frente a ello, los trajes académicos universitarios o de profesionales de artes liberales, como la abogacía, serán togas, en su origen trajes talares, lo que denota la preponderancia de la tutela eclesial en los estudios universitarios. Dicho en otros términos, a través de estos símbolos se evidencian dos raíces fundamentales de la Universidad española: la Iglesia y la milicia.

1.10. Uniforme de los cuerpos de ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, y de Minas (1842)*, de clara raigambre castrense;* ***traje académico de los farmacéuticos*** *(h. 1846): talar con muceta y birrete, obviamente próximo a los empleados por los prelados; y* ***uniforme del cuerpo de ingenieros de Montes*** *(1857), algo más civil en sus formas que el primero. Tras la incorporación a la Universidad de las enseñanzas de ingeniería (leyes de 1957 y 1964), el traje académico y distintivos de las Escuelas Técnicas Superiores de Arquitectura e Ingeniería no se regulará hasta diciembre de 1967. Los uniformes de la Ingeniería Civil mantendrán su vigencia en el ámbito profesional.*

[56] Formación «extracorpórea» y descentralización geográfica (se abrieron escuelas en Barcelona, Gijón, Madrid, Sevilla, Valencia y Vergara; todas hubieron de cerrar, salvo la barcelonesa; en 1899 abrió sus puertas la de Bilbao) son, características exclusivas de los Industriales, dentro del mundo de la ingeniería española decimonónica.

[57] M. Silva: *Uniformes y Emblemas de la Ingeniería Civil Española,* Institución «Fernando el Católico», Zaragoza, 1999.

En lo que a las instituciones de formación se refiere, durante el siglo XIX se consagra una separación neta entre las Escuelas Especiales de ingeniería y arquitectura y la Universidad. El proceso de integración no comenzará hasta la ley de *Reforma de las Enseñanzas Técnicas* de 1957, hace menos de medio siglo. Posteriormente vendrán las leyes de *Reordenación de las Enseñanzas Técnicas* (1964) y *General de Educación y Financiamiento de la Reforma Educativa* (1970). Esta última hará depender definitivamente de la Universidad a todas las enseñanzas técnicas, algunas de las cuales se desenvolvían de forma imprecisa entre la secundaria y la profesional. De este modo se transformarán —hace ahora un tercio de siglo— en Escuelas Universitarias de Ingeniería (o Arquitectura) Técnica.

III

Ciencia y tecnología

Los vocablos a los que se refiere este apartado pueden recibir un tratamiento muy diferente en la literatura, sobre todo de las filosofías de la ciencia y de la técnica. Partiendo de ese supuesto, sabiendo que las palabras están frecuentemente cargadas de connotaciones ideológicas, este breve *excursus* será, como hasta ahora, esencialmente lexicográfico, pero entendiendo que las palabras «viajan con la sociedad», y terminan adquiriendo legitimidad con el uso a lo largo del tiempo.

III.1. *Ciencia e ingeniería*

La actividad del ingeniero se articula a través de su intuición, de su experiencia, de su «arte» y de sus conocimientos rigurosos (científicos, en particular)[58]. «Ingeniar» (de «ingenio»), como verbo transitivo, es sinónimo de «trazar, inventar, discurrir, planear»[59]. Hacer, construir, transformar realidades, crear artefactos son misiones propias del ingeniero. Ello supone una diferenciación respecto al científico, con intereses fundamentalmente teoréticos, en su forma más idealista comprometido con la búsqueda de la «verdad»[60]. «Ciencia» (h. 1220-50) deriva de *scientia*, conocimiento, a

[58] En esto reside, en esencia, la diferencia entre la técnica del artesano y la del ingeniero.

[59] Con exuberante verbo, J. D. García Bacca, en su *Elogio de la Técnica*, afirma que «plan es el sustituto, por eminencia, de esencia» (p. 48), así que «el técnico es ontólogo practicante» (p. 104).

[60] Las diferentes escuelas de filosofía de la ciencia adoptan posiciones muy distintas a este respecto. No es este momento para abordar tan debatido asunto. Tomando cierta distancia, desde la lingüística norteamericana, hay dos posiciones extremas a la hora de considerar el concepto de estructura: *God's Truth* («verdad divina»), poco razonable en nuestra opinión, asume que la lengua tiene *una* estructura, siendo labor del lingüista descubrirla y describirla. La segunda posición se denomina, no sin sentido del humor, *Hocus-pocus* (traducible por «abracadabra»); en este caso, es el lingüista el que interpreta las lenguas, imponiéndoles un cierto tipo de orden o estructura. (v. O. Kovacci: *Tendencias actuales de la Gramática,* Ed. Columbia, Nuevos Esquemas, Buenos Aires, 1971; p. 97). En el primer caso se asume como misión de la ciencia el descubrimiento de «la ver-

su vez palabra derivada de *sciens-tis*, participio activo de *scire*, que significa «saber». Por tanto la ciencia está próxima a la filosofía en su sentido etimológico, aunque no en el metodológico, siendo así que en el Renacimiento ciencia y filosofía son términos escrupulosamente sinónimos[61]. Según el DRAE, ciencia es «conocimiento cierto de las cosas por sus principios y causas» o «cuerpo de doctrina metódicamente formado y ordenado, que constituye un ramo particular del saber humano». Por consiguiente, el conocimiento científico es conocimiento profundo, estructurado y «contrastado», que tiene la pretensión de ser «objetivo». Del mismo modo que la ingeniería es la técnica por antonomasia, mediante «las ciencias» se alude por antonomasia a las denominadas exactas, fisicoquímicas y naturales, pero también son igualmente ciencias las económicas, las históricas, las jurídicas, las sociales, las de la salud, las humanas o las de lo artificial (en el sentido de H. A. Simon[62], donde pueden encuadrarse apropiadamente las ciencias de la ingeniería).

Sin que ello suponga más que un esquema simplificado de diferenciación, el científico es más contemplativo, habiéndose de señalar que las formas excelsas de su actividad, como las del ingeniero, son tareas de creación, aunque de naturaleza diferente. En efecto, la construcción de una teoría científica es, sin lugar a dudas, una labor de creación con objetivo preponderantemente cognoscitivo, un avance conceptual, debiéndose rechazar en este ámbito el sentido puramente mecanicista que puede atribuirse a la acepción etimológica básica de «descubrir», «destapar lo que está tapado o cubierto». De aceptar solo esta, se estaría admitiendo que las teorías científicas tienen pre-existencia; ello reduciría la labor del científico a encontrárselas, para lo que puede ayudarse de procedimientos de trabajo que aumentan sus posibilidades de éxito, «el método científico». Una simple mirada a la historia de la ciencia permite relativizar por completo semejante idea primigenia.

Si «descubrir»[63] es el verbo con el que, en sus formas más sublimes, se conjuga la finalidad de la ciencia, la ingeniería se ha de conjugar con «inventar», eso sí, dentro

dad», mientras que en el segundo, de alcance menos ambicioso, a modo de un juego, el científico se limita a organizar la interpretación de hechos, construyendo esquemas explicativos racionalmente aceptables. Según H. Putnam, en la primera perspectiva se acepta la existencia de un realismo metafísico, «el punto de vista del Ojo de Dios», mientras que cabe tildar a la segunda de internalista, expresión del empleo de una racionalidad acotada, dependiente de nuestras visiones, de nuestra experiencia, de creaciones de nuestro espíritu, donde cabe la pluralidad. Se puede hablar de modelos internos o esquemas. (v. H. Putnam: *Las mil caras del realismo*, Ed. Paidós Ibérica, Barcelona, 1994; *The many faces of realism,* Open Court Publ., 1987).

61 Propiamente, filósofo es el que gusta de un arte o ciencia. La «filosofía natural» se centra en las leyes de la Naturaleza, denominación histórica aplicada a las ciencias fisico-químicas y naturales.

62 H. A. Simon: *The Sciences of the Artificial,* The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1996.

63 En castellano aparece h. 1140, mientras que «descubrimiento» se recoge unos dos siglos después (1330). «Descubridor» (1581) deriva de las aventuras expedicionarias a lo largo y ancho del planeta. Aquí se aplicaría la acepción DRAE: «Venir en conocimiento de una cosa que se ignoraba».

de un marco tecno-económico. «Inventar» es una derivación culta (h. 1490) de *inventum*, término derivado a su vez de *invenire*, que, literalmente, significa «llegar a algo, dar con ello» (*venire in*). Inventar y descubrir son sinónimos, pero no idénticos semánticamente[64]. El matiz distintivo se puede observar a través de otros sinónimos: crear y concebir, para inventar; frente a encontrar, descifrar, detectar o esclarecer, para descubrir. Gili Gaya indica, que «descubrir»:

> es hallar o encontrar lo que está oculto. Inventar es imaginar los medios de conseguir un fin. La acción de descubrir puede ser efecto del cuidado o de la casualidad; la de inventar lo es siempre del designio, del estudio, del cuidado [...] Se descubre una mina, no se inventa; se inventa una máquina, no se descubre (Tomado de López de la Huerta, *Sinónimos*).

Análogamente, en el marco del lenguaje de uso corriente, al considerar «inventar», Gili Gaya matiza que «descubrir se extiende a lo que era desconocido pero real: descubrir una isla o una estrella nueva; inventar se ciñe a lo que antes no existía; p. ej.: la imprenta, la locomotora». Descubrimiento e invención son actividades complementarias, la segunda intrínsicamente creativa.

La diferenciación esencialista, de misiones, entre las razones de ser de la ingeniería y de la ciencia no puede ocultar su estrecha dinámica de colaboración, existiendo casos en los que las líneas divisorias se tornan claramente difusas. Sobre sus relaciones causales, en términos históricos amplios, se puede constatar que con frecuencia las técnicas y sus corolarios, los artefactos, preceden al establecimiento de los conocimientos científicos pertinentes. Esto es lo ocurrido, por ejemplo, con la máquina de vapor, el artificio paradigmático por excelencia de la Revolución industrial, que «fue realizada por cabezas duras y dedos inteligentes», por hombres que «carecían de una educación sistemática en ciencia o tecnología»[65]. En efecto, la máquina de vapor precedió a la termodinámica y a la automática, en tanto que disciplinas científicas. Para la primera se puede tomar como referente científico básico el texto del *polytechnicien* Sadi Carnot (1796-1832), *Réflexions sur la puissance du feu et sur les machines propres à developper cette puissance* (1823); para la automática, los trabajos sobre la estabilidad del regulador[66] proporcionan las referencias iniciales de la disciplina. Entre estos se han de destacar los debidos al físico inglés J. C. Maxwell (1831-1879), *On Governors* (1868), en un marco esencialmente cognos-

---

[64] La sinonimia es una relación de compatibilidad, pero no de equivalencia, pues la transitividad no está garantizada.

[65] E. Ashby: *La Tecnología y los Académicos,* Monte Ávila Ed., Caracas, 1968 (p. 79).

[66] En realidad, los reguladores centrífugos, de bolas, no se aplicaron por primera vez en las máquinas de vapor. Una patente de Thomas Mead de 1787 (British Patent n.º 1628) presenta un regulador centrífugo para el control de los molinos de viento. Su objetivo era «la mejor y más regular recogida y desplegado de las aspas de los molinos sin la asistencia constante de un hombre». Además, parece ser que el dispositivo era conocido incluso antes de ser patentado por Thomas Mead (v. O. Mayr: *The Origins of Feedback Control,* The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1970, pp. 100-105).

citivo, y al matemático e ingeniero ruso J. A. Vyshnegradskii, *Mémoire sur la théorie générale des régulateurs* (1876)[67], más próximo al diseño de ingeniería.

El empleo de métodos formales cuantitativos en ingeniería es tan importante que ha llevado a J. D. García Bacca a decir que «la técnica actual, la que nos llega de la Revolución Industrial, padece de la incontinencia aritmética de la Naturaleza»[68]. Y es que, históricamente, las diferentes ramas de la ingeniería han progresado de la mano de conceptos y técnicas matemáticas, al tiempo que estas han visto soluciones a problemas, o motivaciones para su desarrollo, de manos de los ingenieros, imbricación que se ha visto potenciada de forma extraordinaria por la enorme difusión de un artefacto particularmente paradigmático del recién extinguido siglo XX: el computador.

Abundando en manifestaciones sobre la percepción externa de la relación de la ingeniería con las matemáticas, cabe señalar que en el mencionado diccionario de Furetière (1727), en la voz «ingeniero» se comienza afirmando: «Oficial que sirve en la guerra para los ataques, defensas y fortificaciones de las plazas. Es un matemático hábil, experto y atrevido»[69]. Bajo el rótulo de matemáticas se comprendía todo conocimiento profundo que fuese cuantificable: la hidráulica, la geometría, la arquitectura o la mecánica, entre otros.

La ciencia, hija de la filosofía, es más joven que la técnica. En efecto, la creación de procedimientos y herramientas con las que ayudarse en la transformación del entorno natural antecede a la formación de conceptos y creación de objetos simbólicos, base sobre la que se construyen todas las ciencias, en un largo proceso de maduración. Si bien ciencia y técnica exhiben disparidades ontológicas y epistemológicas, la ciencia se ha convertido en un recurso de primera magnitud para la técnica, estableciéndose entre ambas fructíferas relaciones de sinergia. Como dejó dicho muy gráficamente Santiago Ramón y Cajal, en *Los tónicos de la voluntad*[70], «medrada andaría la causa del progreso si Galvani, si Volta, si Faraday, si Hertz, descubrido-

[67] El primero, caracterización teórica cuya solución computacional eficiente —debida a Routh— no vio la luz hasta 1877, fue publicado en los *Proceedings of the Royal Society* de Londres; el segundo, donde se establecen bases para un análisis estructural paramétrico y consejos para la síntesis, se recoge en los *Comptes Rendus de l'Académie de Sciences* de París.

[68] *Op. cit.*, p. 145. En ello subyace la idea galileana de que la Naturaleza se rige por leyes escritas en lenguaje matemático: «La matemática es el alfabeto con el que Dios escribió el mundo». Sin embargo, el lenguaje matemático es creación que solo permite aproximarnos a su descripción.

[69] Obviamente, en el siglo XVIII el uso de las matemáticas no se vincula solo a los ingenieros, sino a todos los técnicos para quienes la cuantificación y la precisión son importantes. Por ejemplo, en esa época aparece también el término *mécanicien*, formado a partir de *mécanique* y de *mathématicien*, indicándose con ello su carácter científico, con capacidad de realizar artefactos, instrumentos, precisos (v. O. BLOCH y V. WARTBURG: *Dictionnaire étymologique de la langue française*, París, 1975).

[70] Se trata de una versión revisada de su discurso de ingreso en la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (5-XII-1897), publicada en 1898 y 1912 (Col. Austral, Espasa Calpe, 1941).

res de la ciencia de la electricidad, hubieran menospreciado sus hallazgos por carecer entonces de aplicación industrial». En esta línea, no se puede concebir adecuadamente el impulso de renovación técnica de finales del siglo XIX sin los avances científicos realizados a lo largo de esa centuria, algo que es especialmente cierto en la industria química y en la eléctrica. Esta idea caló tan profundamente en esos momentos finiseculares, que tuvo expresiones directas en el lenguaje. De este modo, al sector eléctrico se le conocía como la *Industria Científica,* denominación que claramente enfatizaba su (entonces) carácter de técnica moderna, que «acababa de ser no previsible».

En resumen, ciencia y técnica son ámbitos de actividad diferenciados, con culturas y objetivos propios. Si bien la influencia de las ciencias sobre la técnica fue prácticamente nula en la primera industrialización, ha ido creciendo de forma significativa hasta nuestros tiempos. Inversamente, resulta inimaginable el desarrollo de las ciencias sin el concurso de la técnica. A modo de último comentario en torno a ciencia e ingeniería, cabe recordar que la influencia de la École Polytechnique[71], así como la del positivismo filosófico de origen decimonónico, un tanto heredero de la vinculación ilustrada entre el conocimiento de «la verdad» y la utilidad, impulsaron una significativa actividad científica en muchos ingenieros. La elitista formación científica de las Escuelas Especiales de Ingeniería, cuya creación precede en España a la de las Facultades de Ciencias[72], hizo que ingenieros civiles y militares tuviesen un papel decisivo en la gestación y evolución inicial de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, creada hace poco más de siglo y medio (1847).

III.2. *En torno a «tecnología»*

Entre técnica y ciencia, la tecnología goza de su fecundación mutua. Etimológicamente, la presencia del constituyente «-logía» indica primordialmente «tratado, estudio, ciencia»; por consiguiente, tecnología hace referencia a estructuración sistemática, racional y rigurosa de conocimientos y procedimientos técnicos. Desde esta perspectiva meramente etimológica, frente a la ciencia (saber «por sus principios y causas») y a la técnica (saber «de procedimientos y recursos»), la tecno-

[71] Creada por la Convención Francesa en 1789, construida sobre planteamientos del racionalismo cientifista galo, ha sido piedra angular en el desarrollo de la ciencia en Francia. De régimen militar, formaba ingenieros científicos, rompiendo con las tradiciones previas (por ejemplo, Ponts et Chaausées) en las que primaba el arte, la técnica.

[72] Las Facultades de Ciencias fueron creadas por la *Ley de Instrucción Pública* de 1857 (de 9 de septiembre). En ella se consagra un modelo de universidad liberal que, centralizada y jerarquizada, es sometida directamente a la voluntad del gobierno, reproduciendo planteamientos ideológicos de los ilustrados. Conceptúa como *estudios superiores* a todas las ingenierías —Caminos, Minas, Montes, Industriales y Agrónomos—, junto con Bellas Artes, Diplomática y Notariado. Reconoce la autonomía y exclusividad de las Escuelas correspondientes, al tiempo que crea las Facultades de Ciencias por escisión de las de Filosofía.

logía, al estructurar en parte el conocimiento técnico a la luz del científico, emplea principios unificadores y de relación, dando lugar a economías y coherencias conceptuales.

En primera instancia puede sorprender que «tecnología» se recoja cronológicamente antes que el sustantivo «técnica», del que pudiera pensarse que deriva. En efecto, el término «tecnología» aparece por primera vez en el *Diccionario Castellano con las Voces de Ciencias y Artes* (1786-1793) de Esteban de Terreros y Pando, aunque bajo una acepción insólita en el presente contexto:

> Ciencia falsa de palabras que esconden el sentido de las cosas. S. Basilio se sirvió de esta voz[73].

La definición de tecnología recogida por el jesuita Terreros invita a recordar que λόγος (lógos) significa «palabra» o «discurso», y como tal se emplea al formar «logopedia» o «logotipo», por ejemplo, además de «razón» o «proporción», acepción predominante en la filosofía o en la ciencia. Por consiguiente, «-logía» puede significar también «lo que habla de». Habida cuenta de la importancia de un uso eficiente de la palabra (persuadiendo, deleitando o conmoviendo ante los tribunales o la asamblea, por ejemplo), en algunos ámbitos del mundo griego la «*techné* por excelencia» era la retórica.

En este sentido, en el DRAE «tecnología» aparece (12.ª ed., 1884), como «tratado de los términos técnicos» o «lenguaje propio, exclusivo, técnico de las ciencias y artes»[74]. Es decir, inicialmente no se recoge con una acepción propia a nuestro ámbito de discurso. En 1899 el DRAE (13.ª ed.) añade como primer significado el de «conjunto de los conocimientos propios de los oficios mecánicos y artes industriales»; es decir, se coloca en primer lugar al conocimiento (ἐπιστήμη, *episteme*), no al lenguaje. Esta acepción queda reducida en la 15.ª ed. (1925)[75] a «conjunto de los conocimientos propios de *un* oficio mecánico o arte industrial»; una especie de degrada-

---

[73] San Basilio *el Grande* (s. IV), obispo de Cesarea, discípulo del retórico Libanio en Antioquia, adversario decidido de los arrianos e impulsor de la vida cenobítica, es uno de los Padres de la Iglesia. A diferencia de San Alberto Magno (1200-1280), patrón de todas las ciencias desde 1941, no es precisamente conocido por su interés por las artes o las ciencias.

[74] Según el *Trésor de la Langue Française* (CNRS, París, vol. 1.º-1971/vol. 15.º-1992), la Académie atestigua esta voz desde 1835. El uso como «conjunto de términos técnicos propios a las artes, ciencias y oficios» se remonta a 1656. En 1750 se usa también como «tratado de las artes en general»; finalmente, en 1835 puede ser, asimismo, «teoría de la industria práctica».

[75] Ya mencionado, en esta misma edición el DRAE introduce el sustantivo «técnica», como «conjunto de procedimientos y recursos de que se sirve una ciencia o un arte». Por otro lado, la precedencia temporal de «tecnología» frente al sustantivo «técnica» también se manifiesta en italiano. M. CORTELAZZO y P. ZOLLI, en su *Dizionario etimologico della lingua italiana*, asocian a la palabra «tecnología» la fecha de 1821, y a «técnica» la de 1891. En francés, el *Trésor de la Langue Française* propone 1846 para la acepción «conjunto de los procesos que se deben emplear metódicamente para un arte».

ción dictada desde la Real Academia Española, definición coherente con su origen etimológico griego[76], a la que el uso de la lengua parece haber respondido, en gran parte, con simple desobediencia. Hoy la voz se completa en el DRAE con «tratado de los términos técnicos», «lenguaje propio de *una* ciencia o arte» o «conjunto de los instrumentos y procedimientos industriales de *un* determinado sector o producto»[77]. Es decir, «tecnología» se concibe como sustantivo que hay que adjetivar (por ejemplo, tecnología mecánica, tecnologías de la información). Finalmente, en comparación con las teorías científicas, cabe matizar que «se asume comúnmente no que las teorías tecnológicas sean verdaderas, sino que las mismas funcionen y que el trabajo que realizan es bueno o útil»[78].

Al margen de lo dicho, «tecnología» es un vocablo que aún no se ha estabilizado en castellano, quizás porque tampoco lo ha hecho en inglés[79], ni en francés, ni en italiano, idiomas que tanta influencia ejercen en nuestra terminología científico-técnica. Pueden señalarse desde definiciones próximas a su sentido etimológico —como «la aplicación sistemática del conocimiento científico, o de otras formas de conocimiento organizado, a tareas prácticas» (Galbraith, 1971) o «el conocimiento de las técnicas» (Rosenberg, 1982)— hasta acepciones en cuatro niveles diferentes[80]:

---

[76] «Tratado o disertación sobre un arte, exposición de las reglas de un arte» (v. A. Bailly: *Dictionnaire Grec-Français,* Hachette. París, 1950). Es durante el siglo xviii cuando el significado de «tecnología» se generaliza hasta la acepción que aquí se puede considerar etimológicamente adecuada.

[77] Las cursivas en las acepciones anteriores son nuestras. A modo de comparación, según *Le Petit Robert* (París, 1973)*, technologie* es el «estudio de las técnicas, de las herramientas, de las máquinas, de los materiales». Además, recoge que en 1896 se definía como «tratado de las artes en general». Según el *Webster's Encyclopedic Unabridged Dictionary of the English Language*, por *technology* se entiende «la rama del conocimiento que se ocupa de las artes industriales, ciencia aplicada, ingeniería, etc.»; *technic* es «el estudio o ciencia de un arte o artes en general, especialmente las artes mecánicas o industriales».

[78] C. Mitcham: *¿Qué es la filosofía de la tecnología?*, 1989 (p. 101). Con carácter previo, realiza una enumeración parcial de ideas y teorías tecnológicas, afirmando que «El concepto de máquina (en sus muchas modificaciones desde Aristóteles pasando por Vetruvius hasta Franz Reuleux y Alan Turing), las ideas de conmutador, invención, eficiencia, optimización, la teoría aerodinámica, la cinemática y la cibernética, las teorías de autómatas, de la información, de los sistemas lineales, del control, etc., son todas esencialmente tecnológicas. Tales ideas no se encuentran en las ciencias de la física, la química o la biología, sino en disciplinas tales como la ingeniería mecánica, civil, eléctrica, electrónica e industrial». En un marco más amplio, reflexiones de este tipo se tratan en H. A. Simon, *The Sciences of the Artificial,* 1996.

[79] C. Mitcham: *Thinking through Technology. The path between Engineering and Philosophy,* University of Chicago Press, 1994 (p. 153), donde se realiza un pormenorizado análisis de acepciones adoptadas en la literatura.

[80] S. J. Kline: «What is technology?», *Bulletin of Science, Technology and Society*, 5 (3): 215-218 (1985). Estas y otras definiciones se recogen en N. Ursúa: «Educación en Sociedad, Ciencia y Tecnología en Europa», *Cuadernos de Sección: Sociedad, Ciencia y Tecnología,* Eusko Ikaskuntza, Donostia, 1994 (pp. 219-240).

artefacto (producto), sistema de producción (proceso y planta de producción), conocimiento técnico (de carácter metodológico e, incluso, se puede entender a nivel epistemológico) y sistema socio-técnico (incluidos los usuarios de unos ciertos recursos técnicos).

Es decir, se observan perspectivas que van desde lo puramente material (los artefactos), pasando por lo cognitivo, hasta lo social, esfera donde la palabra «pretende» transmitir una noción de nobleza, modernidad o poder. Quizás la valoración social positiva que, con carácter general, atribuye el uso del lenguaje a los vocablos con el constituyente «-logía», sea el responsable de ese desbordamiento altisonante, que se observa también en otros casos[81]. En el uso cotidiano del lenguaje se constata una tendencia a considerar como sinónimos «técnica» y «tecnología», propensión compartida por el francés o el italiano.

En ninguna de las acepciones anteriores se limita «tecnología» a «la aplicación del conocimiento científico para objetivos de índole práctica»[82], definición de carácter reductor empleada en concepciones cientificistas, alineada con un esquema causal simplista en extremo que solo lleva de la ciencia a la tecnología[83].

En efecto, no se puede olvidar que la técnica, y por ende la tecnología, es una fuente continua de problemas para la ciencia, que influye sobre la generación de conceptos y teorías científicas, al tiempo que la provee con instrumentos de medida y equipos para operación que le son necesarios.

Por otro lado, la reducción de técnica —incluso de tecnología— a ciencia aplicada olvida que un artefacto es muchísimo más que la simple concatenación de resultados científicos que pueden ayudar a su concepción y que, además, existen objetivos y restricciones de índole socio-económica con los que la primera ha de desenvolverse y que la ciencia no considera en absoluto.

Adicionalmente, el planteamiento unidireccional ignora la existencia de conocimientos técnicos empíricos relevantes, no integrados en teorías científicas, a veces originados en trabajosos protocolos de ensayo y error o en la mejora cotidiana del saber hacer, transmitidos dentro de la cultura particular de la empresa o corporación que la genera.

---

81 Salvando las distancias, y con algo de ironía, se puede decir que los empleos en el lenguaje ordinario de «metodología» por «método», «ideología» por «idea», o de «climatología» por «clima» (a veces, no aludiendo ni siquiera al clima sino a las condiciones meteorológicas) se alinean en la mencionada corriente.

82 Según el *Dictionary of Science and Technology* (Academic Press, 1994). El *Webster's Encyclopedic Unabridged Dictionary of the English Language* se expresa más matizadamente: «La rama del conocimiento que se ocupa de las artes industriales, ciencia aplicada, ingeniería». Además, a un nivel mucho más amplio, propone como acepción «el conjunto de las formas por las que un grupo social se abastece de los objetos materiales de su civilización».

83 Este esquema causal monodireccional pertenece al denominado «modelo lineal de innovación», «ciencia-tecnología-innovación-bienestar», planteamiento intencionalmente sesgado y superado.

Bibliografía

Alonso, M.: *Diccionario Medieval Español (siglos x a xv),* Univ. Pontificia de Salamanca, 1986.

Aracil, J.: «Elogio de la Ingeniería», *Memorias de la Real Academia Sevillana de Ciencias*, vol. 4: 121-143, Sevilla, 1999.

Basalla, G.: *The Evolution of Technology,* Cambridge University Press, 1988. (*La Evolución de la Tecnología*, Ed. Crítica, 1991.)

Capel, H., J. E. Sánchez, y O. Moncada: *De Palas a Minerva. La formación científica y la estructura institucional de los ingenieros militares en el siglo XVIII,* Serbal/CSIC, Barcelona, 1988.

Cervera Vera, L.: «El arquitecto humanista ideal concebido por León Battista Alberti», *Revista de Ideas Estéticas,* 146, XXXVII, 1979, pp. 119-145.

Corominas, J.: *Breve Diccionario Etimológico de la Lengua Castellana*, Ed. Gredos, Madrid, 1973.

Cortelazzo, M., y P. Zolli: *Dizionario etimologico della lingua italiana*, Zanichelli, Bolonia, vol. i-1979/vol. v-1988.

Covarrubias, S. de: *Tesoro de la Lengua Castellana o Española*, Madrid, Luis Sánchez, 1611. (Ed. a cargo de Martín de Riquer, Altafulla, Barcelona, 1998.)

Furetière, A.: *Dictionnaire Universel*, París, 1727.

García Bacca, J. D.: *Elogio de la Técnica,* Anthropos, Barcelona, 1987.

García Diego, J. A. (ed.): *Los veintiún libros de los ingenios y máquinas de Juanelo Turriano*, Fundación Juanelo Turriano y Ed. Doce Calles, Madrid, 1996.

García Tapia, N.: *Ingeniería y Arquitectura en el Renacimiento Español,* Universidad de Valladolid, 1990.

Gili Gaya, S.: *Diccionario de sinónimos*, Bibliograf, Barcelona, 1970.

Gille, B.: *Les Ingénieurs de la Renaissence,* Hermann, París, 1964.

Gómez Urdáñez, C.: «Sobre el arquitecto vitruviano. De la Antigüedad al Renacimiento», en *Difusión del Arte Romano en Aragón,* Zaragoza, Institución «Fernando el Católico», 1996, pp. 265-296.

Laín Entralgo, P.: «Humanización de la Técnica», *Revista de Occidente*, 184: 120-135, 1988.

López Piñero, J. M.ª: *Ciencia y Técnica en la Sociedad Española de los siglos xvi y xvii*, Labor, Barcelona, 1979.

— (dir.): *Historia de la Ciencia y de la Técnica en la Corona de Castilla (vol. iii): Siglos xvi y xvii,* Junta de Castilla y León, Valladolid, 2002.

Marías, F.: «El problema del arquitecto en la España del sigo xvi», *Academia,* 48, 1979, pp. 173-216.

Mitcham, C.: *¿Qué es la filosofía de la tecnología?,* Anthropos, Barcelona, 1989.

Moliner, M.ª: *Diccionario de uso del español*, Ed. Gredos, Madrid, 1980.

ORTEGA Y GASSET, J.: *Meditación de la Técnica y otros ensayos sobre Ciencia y Filosofía*, Revista de Occidente, Madrid, 1939.

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: *Diccionario de la Lengua Castellana, en que se explica el verdadero sentido de las voces, su naturaleza y calidad, con la phrases o modos de hablar, los proverbios o refranes, y otras cosas convenientes al uso de la lengua [...].* Madrid, 1726, 1729, 1732, 1734, 1737, 1739. (*Diccionario de Autoridades.*)

— *Nuevo Tesoro Lexicográfico de la Lengua Española,* Edición en DVD, Espasa Calpe, Madrid, 2001. (Contiene reproducciones facsimilares de todos los diccionarios de la Real Academia Española, desde el de *Autoridades*, pasando por los usuales y los históricos, hasta los dos manuales, más una selección de los más relevantes diccionarios externos a la RAE, desde el siglo XV.)

ROSSI, P.: *Los Filósofos y las Máquinas*, Labor, Barcelona, 1966.

SILVA SUÁREZ, M.: *De la Ingeniería y de los Sistemas de Eventos Discretos*, Academia de Ingeniería, Madrid, 2000.

SIMON, H. A.: *The Sciences of the Artificial,* The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1996.

TERREROS Y PANDO, E.: *Diccionario castellano con las voces de Ciencias y Artes*, Madrid, Viuda de Ibarra, 1786-1793. (Ed. facsímil por Arco/Libros, Madrid, 1987.)

VERIN, H.: *La Gloire des Ingénieurs, L'intelligence technique du XVIe au XVIIIe siècle,* Ed. Albin Michel, París, 1993.

VV. AA.: *Diccionario Enciclopédico Hispanoamericano,* Montaner y Simón, Barcelona, 1892.

— *Trésor de la Langue Française*, CNRS, París, vol. 1.º-1971/vol. 15.º-1992.

2
Valoración filosófica de la técnica

Miguel Ángel Granada Martínez
Universidad de Barcelona

I

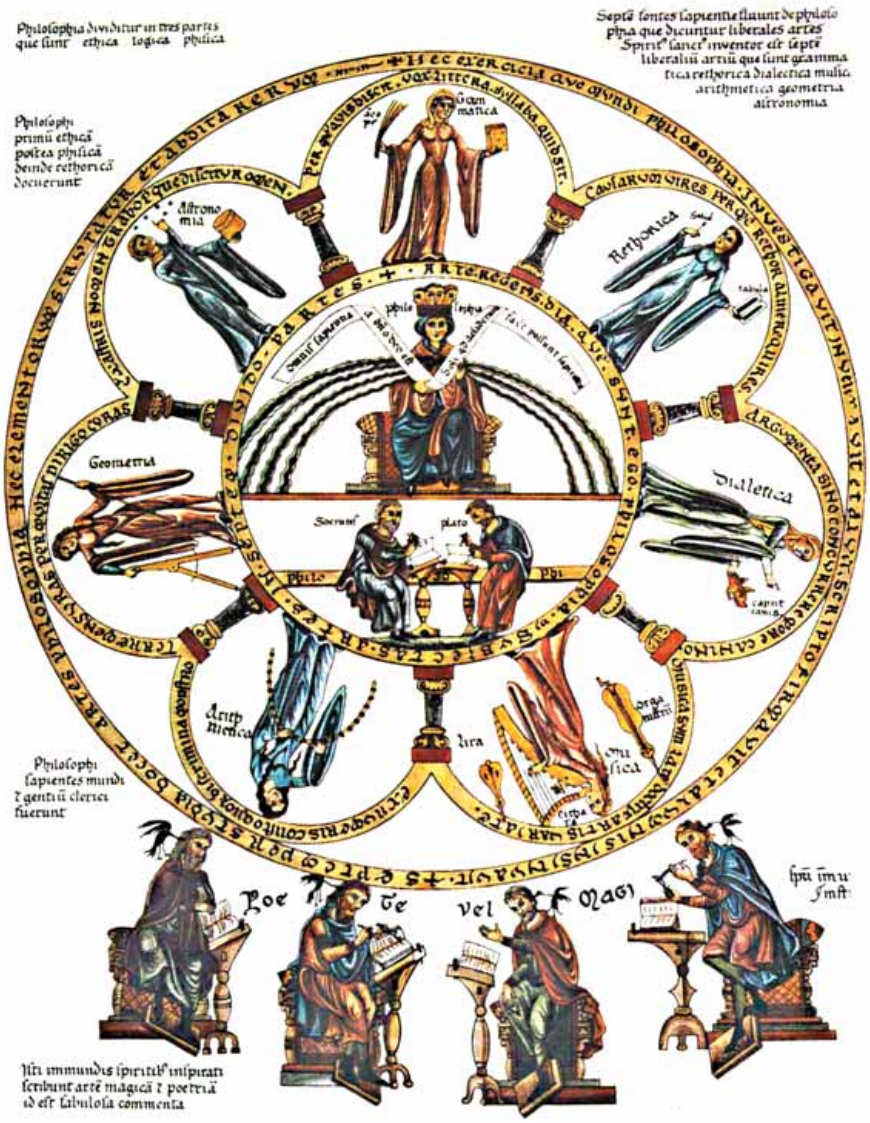
Artes liberales y Artes mecánicas en la Antigüedad y en la Edad Media

Hasta el Renacimiento y a lo largo del mismo la cultura occidental está dominada por la distinción y jerarquización entre *artes liberales* y *artes mechanicae*, donde la superioridad corresponde a las primeras. La distinción entre ambas se remonta a la Antigüedad clásica y en concreto a la cultura aristocrática de la antigua Roma, que había recogido —por ejemplo en Cicerón, uno de sus valedores más conspicuos— la herencia de la también aristocrática cultura griega.

Las *artes liberales* serán definidas ya desde la alta Edad Media como las disciplinas del *trivium* (artes o disciplinas del lenguaje) y las del *quadrivium* (las disciplinas matemáticas: aritmética, geometría, astronomía y música), solidarias de la *Philosophia*, que, en sus disciplinas básicas de la filosofía natural, moral y metafísica o teología, será considerada como la culminación de las *artes liberales*, además de estudio «libre» por sí mismo.

A todo este conjunto cultural la Antigüedad, por ejemplo Cicerón, lo denominó *liberal* por considerarlo propio del hombre libre y consustancial a él, al ciudadano liberado y ajeno a la servidumbre del trabajo productivo. En el cultivo de las artes liberales y de la filosofía el ciudadano libre expresaba y construía su libertad («esculpía su propia estatua», por decirlo con Plotino), alcanzando la perfecta realización de la humanidad o de la naturaleza humana en el conocimiento puro y desinteresado de lo existente y en la *praxis* o vida moral como una existencia *autónoma*.

Por el contrario, las *artes mechanicae* designaban todo el ámbito de las técnicas volcadas o encaminadas a la fabricación de *artefactos* o *machinae* y, en general, las técnicas *productivas* (el arte del zapatero, por ejemplo, o el arte del arquitecto). Característico de las artes mecánicas frente a las liberales es que estas últimas se dan en el marco de la praxis, esto es, de una acción libre, en la que el sujeto del arte es su mismo destinatario o agente final, siendo el ejercicio del arte la construcción autó-



2.1. La Filosofía y las Artes Liberales. *En el centro, como una reina, se representa la Filosofía. A sus pies se encuentran Sócrates y Platón, que aunque paganos eran considerados precursores del pensamiento cristiano. Coronada por tres cabezas (la Ética, la Lógica y la Física), la Filosofía está rodeada por siete figuras femeninas, vestidas a la usanza de la época. Son las Artes Liberales: la Gramática, la Retórica y la Dialéctica, que forman el* Trivium; *la Música, la Aritmética, la Geometría y la Astronomía, que componen el* Quadrivium. *Fuera del círculo, excluidos del mundo de la Filosofía, se encuentran poetas y magos. (Ilustración tomada del* Hortus Deliciarum, *realizado en el scriptorium de Herrad, abadesa de Hohenburg, en Alsacia, entre 1176 y 1196. Destruido por el fuego en 1870, se conservan varias copias del siglo XIX. La reproducción corresponde a la copia del Saarländisches Schulmuseum).*

noma del sujeto humano por sí mismo; en cambio, las artes mecánicas se dan en el ámbito de la *producción* (*poiesis*), esto es, en un marco de existencia en el que el sujeto del arte, el artesano (zapatero o arquitecto), no es el destinatario o agente final de su trabajo, de su obra, esto es: no trabaja para sí, sino para otro, el cual es el determinante del trabajo artístico o técnico, que pasa a tener las características de la *heteronomía*, de la servidumbre o esclavitud. De esta manera, aunque el *mechanicus* o el *productor* tengan el estatus jurídico de individuo libre, su ejercicio no deja de ser por ello subordinado, esto es, siervo con respecto al usuario o destinatario de su producción.

De ahí que las artes liberales estén asociadas con el *ocio* (*otium, scholé*), pues solo el ciudadano libre y autónomo dispone de la totalidad del propio tiempo para dedicarse a ellas; y de ahí también viene el nombre de *schola* (*escuela*) para designar el ámbito y el lugar físico en el que dichas artes se ejercitan y desarrollan. Por el contrario, las artes mecánicas, como ámbito y territorio de servidumbre, de finalización o destinación a un tercero, están asociadas con el *nec-otium* (en griego, *ascholía*), esto es: con la falta de libertad manifiesta en el no disponer para uno mismo del propio tiempo, sino para otro, para aquel a quien se destina el producto del trabajo, directamente o a través del mercado. En suma: las artes mecánicas se mueven en el ámbito servil de la producción; las artes liberales en el ámbito de libertad del *ocio*, de la construcción de la propia personalidad a través de la *ciencia* y de la *ética-política*.

Todo este esquema opera, por ejemplo, en la teoría aristotélica de la necesidad y justicia natural de la esclavitud, así como en la teoría económica, expuestas en el libro primero de la *Política*. Es también el presupuesto de la clasificación y jerarquización de las ciencias que se expone en el primer capítulo del libro E de la *Metafísica*, donde las ciencias productivas son inferiores a las prácticas y a las *teoréticas* (física, matemáticas y filosofía o sabiduría primera: la teología). El conocimiento que se concreta en las técnicas productivas es inferior al que se persigue por sí mismo —sin búsqueda de utilidad productiva—, esto es: inferior al conocimiento y contemplación desinteresado de la verdad, el cual solo es posible en un sujeto libre y se concreta en las artes liberales, y en especial en las diversas ramas de la filosofía.

La organización escolar y académica de Occidente presupone este esquema, al menos hasta el periodo del Renacimiento: las *scholae* son centros de enseñanza y cultivo de las artes liberales y de la filosofía (o sea, la ciencia concebida como una empresa *teorética* o contemplativa, como conocimiento puro). Así, cuando en el siglo XII surge la Universidad y da comienzo su desarrollo, lo hace en esta perspectiva.

Ahora bien, la actividad económica y productiva tiene su propia lógica y necesidad, su propia dinámica y fuerza como ámbito de la realización de la riqueza social. Por ello, al margen del entramado de las artes liberales, en el mundo antiguo y medieval, las *artes mechanicae*, las técnicas, conocieron su propio desarrollo vin-

culado con la producción, al margen de la desvalorización de que eran objeto desde el ámbito de las artes liberales o de la cultura letrada, independientemente también de la desconexión entre los dos ámbitos. De esta manera, si en el territorio de las artes liberales y de la filosofía la transmisión y el desarrollo del saber están ligados eminentemente a la Universidad, en el campo de las artes mecánicas la transmisión de las técnicas tiene lugar en el ámbito de los *talleres* y en el marco de la producción o ejercicio mismo de las técnicas dentro de la organización y reglamentación gremial.

Podemos representárnoslo con toda claridad si atendemos a las técnicas que, con posterioridad, serían llamadas «bellas artes», esto es, a las técnicas de la pintura, la escultura y la arquitectura. Sus practicantes tienen el estatus de *mechanici*, son trabajadores por cuenta ajena y por tanto no libres y en cierto modo siervos, por cuanto que su actividad está determinada por el 'comitente' o aquel que encarga una obra, cuyo destinatario es también ajeno al 'artista' o técnico. La transmisión y el aprendizaje de las técnicas pictóricas, escultóricas o arquitectónicas tienen lugar en los talleres y en el seno de la actividad productiva, bajo la reglamentación gremial. Recordaré tan solo que, en el siglo XII, Hugo de San Víctor presenta en su *Didascalicon* (libro II, cap. 20 y ss.) un esquema en el que las artes mecánicas se agrupan, paralelamente a las artes liberales, en siete, y en el cual la pintura, la escultura y la arquitectura están comprendidas dentro del arte de la 'armatura'; en la ciudad de Florencia los profesionales de estas artes estaban incluidos dentro de diferentes artes o gremios.

No obstante, tenemos un ejemplo de la fuerza de la realidad económica o, mejor, de la realidad social en la introducción en las universidades desde el primer momento de dos facultades técnicas no estrictamente liberales: Derecho y Medicina, frente a las facultades liberales de Artes (Filosofía y Ciencia) y de Teología. Era la presencia del principio de realidad por la vía del reconocimiento del poder y de la necesidad de las técnicas del Derecho, asociadas a la administración y al ejercicio del poder, y de la Medicina. Pero ello no se hizo extensivo a las demás técnicas, que continuaron su vida y sus procedimientos de transmisión extramuros de la Universidad, hasta bien entrada la época moderna.

II

La rebelión de los «artistas» en el Renacimiento italiano. Hacia el concepto de «Bellas Artes»

Pues bien, en el Renacimiento, en los siglos XV y XVI, se asiste, en estrecha relación tanto con el despliegue del capitalismo y de la manufactura como con las necesidades de esas nuevas formaciones que son los estados nacionales, a una dignificación y rehabilitación de las artes o técnicas mecánicas. A lo largo de este proceso, los esquemas y valoraciones presentes en la concepción tradicional se disolverán y dejarán paso a una nueva valoración social de las artes mecánicas y del trabajo

mismo, la cual se articulará con el amplio proceso de formación de la ciencia moderna, proceso este que rebasa el marco cronológico del Renacimiento para desplegarse en el siglo XVII.

Una primera muestra, bastante temprana, de este proceso la encontramos en la modificación de la posición social del «artista» (pintor, escultor, arquitecto), que comienza relativamente pronto en Italia para extenderse con posterioridad a los restantes países europeos. También estos artistas o técnicos salían de la sociedad medieval catalogados peyorativamente como *mechanici* y englobados en el sistema gremial. El desarrollo de la sociedad, de la cultura y la misma evolución artística trajeron consigo una elevación en la posición social del artista, notable ya a finales del siglo XV y que aún se incrementaría más en el siglo XVI, cuando el adjetivo «divino» se aplicó al talento e ingenio de Miguel Ángel y la anécdota hace al emperador Carlos agacharse a recoger el pincel de Tiziano. Este proceso pone de manifiesto, no obstante, la emergencia de la personalidad artística excepcional y diferenciada, frente al mayor anonimato del artista medieval. La personalización del artista comporta la liberación frente al rígido e impersonal sistema corporativo de los gremios. Ahora, y en medida creciente conforme pasa el tiempo, el artista aparece como un individuo libre, dotado de una *genialità* o temperamento propio y excepcional que está en la base de su producción o creación, frente al público, aunque se siga trabajando fundamentalmente por encargo y en este sentido siga siendo el artista dependiente de otro.

Esta mejora del estatus social era el resultado de una constante batalla de los artistas, cuya ambición de promoción personal era estrechamente solidaria —y esto es muy importante para nosotros— de la búsqueda de una dignificación, es decir, de una nueva valoración de sus artes o técnicas. En efecto, pintores, escultores y arquitectos aspiraban a ascender socialmente del escalafón de los simples artesanos, aduciendo como razón que su arte o técnica no era una mera práctica mecánica, sino un arte *liberal*, esto es, una práctica que envolvía o comportaba un conocimiento o una contemplación intelectual superior. Esta reivindicación de la dimensión intelectual o teórica de la propia arte o técnica aparece en las grandes personalidades artísticas del Renacimiento: en arquitectos como Brunelleschi o Alberti, en escultores como Ghiberti, en pintores como Leonardo o en artistas tan polifacéticos como Miguel Ángel. Como apoyo para su pretensión aducen que —al igual que en las artes liberales del *quadrivium*— también sus propias artes son en su ejercicio y perfección indisociables de las matemáticas, puesto que presuponen el conocimiento de teorías matemáticas como la perspectiva y la proporción. El artista es, por consiguiente, un teoreta o contemplativo a cuyo conocimiento y práctica se extiende el grado o nivel de certeza propio del razonamiento matemático. A todo ello se puede unir la conceptualización del conocimiento asociado al ejercicio artístico mediante el término 'idea', lo cual asociaba al artista con la filosofía y más concretamente con la especulación platónica.

Con esta rebelión los «artistas» (pintores, escultores, arquitectos) no cuestionaban ni pretendían superar la distinción entre artes liberales y mecánicas, así como tampoco la jerarquía que la acompañaba, sino ascender en la jerarquía social y en la dignidad epistemológica mediante el reconocimiento social del carácter *liberal* y teorético de su arte. En este empeño hemos de reconocer que tuvieron éxito: desgajadas de los «oficios manuales», esto es, de las artes puramente mecánicas, fueron designadas por Giorgio Vasari como «arti del disegno» (precedente de la noción de «bellas artes» acuñada en el siglo XVIII) en su obra *Vidas de los más excelentes pintores, escultores y arquitectos* (1550). Su emancipación plena se produjo en 1563, cuando en Florencia se fundó la *Accademia del Disegno*, lugar institucional liberado de los gremios para la enseñanza de estas tres artes y modelo seguido a continuación en toda Europa. Estas artes veían así reconocida su plena autonomía y dignidad. En tanto que pertinentes y relativas a la creación y manifestación de «lo bello», se habían diferenciado de las otras artes o técnicas con las que durante los siglos anteriores habían estado confundidas: las *artes mecánicas*, asociadas preferentemente con el ámbito de la producción, de la actividad económica y de la utilidad. Son estas últimas las que, en lo sucesivo, se verán designadas con el término (anteriormente más universal, el vocablo griego equivalente del latino *ars*) *técnica* o *técnicas*. A ellas debemos volvernos ahora para examinar su proceso paralelo de «emancipación» y la reflexión que sobre ellas desarrolla la filosofía del momento, al mismo tiempo que el proceso de gestación de la nueva ciencia establece una «nueva alianza» con dichas técnicas o artes mecánicas.

III

Artes mecánicas y ciencia en el Renacimiento. La rehabilitación y reivindicación de la técnica

No se ha de pensar, para empezar a abordar el tema, que la cultura y la sociedad del Renacimiento se caracterizan, ya desde los primeros momentos, por una ruptura radical con lo que se ha venido a llamar Edad Media. En mayor medida que en el plano de la cultura intelectual (ámbito en el que se originó, con Petrarca y sus seguidores, la batalla contra la cultura bárbara de los modernos en pro del renacimiento de la antigüedad perdida, batalla que está precisamente en el origen de la periodización histórica todavía vigente con sus conceptos de Edad Media y Renacimiento), la sociedad y la economía del Renacimiento muestran la continuidad con la sociedad y la economía medievales; y, dentro de ellas, la fuerte presencia de las técnicas o artes mecánicas. Es cierto, por otra parte, que estas técnicas experimentan durante los siglos XIV-XVI un considerable perfeccionamiento, especial y emblemáticamente manifiesto en la aparición de tres grandes inventos llamados a transformar la sociedad y el mundo: la imprenta, la pólvora —con el consiguiente desarrollo de las

armas de fuego y la balística— y la brújula o aguja de marear —con el desarrollo parejo de la navegación oceánica—. Especialmente en el caso de estas dos últimas técnicas, su desarrollo estuvo especialmente unido a las necesidades de esa nueva formación emergente en la época que fue el Estado nacional moderno. Las necesidades bélicas, tanto ofensivas como defensivas, impulsaron el desarrollo de la arquitectura militar (las fortificaciones) y de la balística, así como de la metalurgia. Por el otro lado, la política de expansión oceánica de los estados modernos atlánticos (Portugal, España, Francia, Inglaterra) impulsó el desarrollo del «arte de navegar».

En dos puntos, sin embargo, estas y el resto de las técnicas o artes mecánicas manifestaban una continuidad con la técnica precedente: por un lado, en la valoración social de sus practicantes como «artesanos» de una categoría y posición social inferior; por otro, tal como señaló eficazmente Alexandre Koyré, en el carácter *empírico*, desvinculado de toda teoría científica, del saber y conocimiento asociado a las técnicas, un hecho muy importante y estrechamente solidario de la valoración social. Vale la pena recoger las conclusiones finales de Koyré en su examen de la realidad de las técnicas en cuanto a su relación con la ciencia (concebida siempre como teorético-contemplativa) en todo el periodo comprendido entre la Antigüedad y el siglo XVII:

> Puesto que no es de la *epistéme* [de la ciencia] de donde la *téchne* recibe las reglas que sigue y que observa y puesto que estas reglas no le caen del cielo, hemos de admitir por fuerza que el origen de la técnica es independiente [con respecto a la ciencia] y por tanto que existe un *pensamiento técnico*, que es un pensamiento práctico, esencialmente diferente del pensamiento teórico de la ciencia. Un pensamiento activo, operativo [...] que constituye, en el marco del sentido común, por experiencia, por *trial and error*, las habilidades manuales de los oficios y las reglas de las artes. Y son precisamente esas reglas, las que transmitiéndose de generación en generación, acumulándose y combinándose, han formado ese tesoro de saber empírico —saber precientífico, pero en cualquier caso saber— que ha permitido a los hombres desarrollar las técnicas e incluso llevarlas a un nivel de perfección insuperable antes e incluso mucho antes de haber concebido su teoría. Todo esto, por supuesto, no quiere decir que la ciencia no pueda volverse hacia la técnica y hacer *la teoría de la práctica*. Es entonces justamente cuando aparece la *tecnología*, ciencia técnica y técnica científica que, por relación a la técnica empírica, es lo que la ciencia griega fue con relación al saber de los agrimensores egipcios[1].

Pues bien, se va a examinar cómo en la cultura intelectual del Renacimiento el foso que separaba ciencia o filosofía (términos rigurosamente sinónimos en aquellos momentos) y las técnicas, y que daba lugar a la valoración inferior de estas últimas, se ve colmado (desde el lado de la filosofía, que es el objeto de nuestra consideración) en diversos autores y corrientes de pensamiento, generando una dinámica de convergencia y colaboración que tendrá como consecuencia el cues-

[1] A. KOYRÉ: «Les philosophes et la machine», en ídem, *Études d'histoire de la pensée philosophique*, Gallimard, París, 1971, p. 338.

tionamiento creciente de un saber o ciencia meramente contemplativo y paralelamente la valoración del saber *útil* o *práctico* que permite al hombre la manipulación, transformación y dominio de la naturaleza. Es el correlato, desde el lado epistemológico y de sociología del conocimiento, del proceso de revolución científica de los siglos XVI y XVII, el cual iba a producir, con la nueva ciencia matemática de la naturaleza y con la función que en ella adquiría la *experimentación*, precisamente la aplicación técnica del conocimiento científico y, con ella, el salto cualitativo a una tecnología científica más allá de la técnica precientífica o independiente de la ciencia propia del periodo precedente.

Con ello todas las categorías y compartimentaciones precedentes iban a saltar en pedazos, sustituidas por la fe en una liberación de la humanidad gracias precisamente a la eficacia de la tecnología emanada del conocimiento científico de la naturaleza.

III.1. *La convergencia de artes mecánicas y ciencia en el Renacimiento*

Examinemos, pues, algunos ejemplos de esta convergencia de técnicos y hombres de ciencia que tiene como resultado el prestigio creciente de las técnicas, la conciencia cada vez más extendida y más arraigada de que constituyen un tesoro de

2.2. Artes mecánicas: cerrajero y herrero. *Dibujo alemán a mano alzada (1580), donde se representa una imagen digna de dos maestros artesanos.*

conocimientos útiles e incluso imprescindibles para el desarrollo mismo de la ciencia, y hasta la convicción de la necesidad de fundir en una sola las dos dimensiones teorética y técnica.

El primer ejemplo, relativamente temprano, nos lo ofrece la Florencia de comienzos del Renacimiento, en la que los «artistas» comenzaban —como hemos visto— a reclamar una mejor consideración. Allí, en la construcción de la cúpula de la catedral, el artesano Filippo Brunelleschi —*uomo senza lettere*, es decir, sin formación universitaria, ignorante de las lenguas clásicas— se sirvió de las conversaciones sobre matemáticas y de los consejos en ese campo del filósofo y médico Paolo del Pozzo Toscanelli para levantar su cúpula sin ayuda de armaduras de maderas o cimbras. La admiración que tal proeza técnica suscitó entre los contemporáneos contribuyó decisivamente al ennoblecimiento y prestigio de la técnica arquitectónica.

El segundo ejemplo lo tomamos de la *metalurgia*. Si, en el ámbito de esta técnica, el artesano y práctico italiano Vannoccio Biringuccio había publicado en 1540 su *Pirotechnia* en lengua italiana, en 1556 el alemán Georg Bauer (Agricola en la forma latinizada del apellido) publicó en latín su *De re metallica*, que iba a gozar de una enorme fortuna en tanto que tratado clásico en su campo durante muchos años. Lo interesante en este caso es que ya no nos encontramos con un técnico que expone los principios y detalles de su arte, con el lógico encomio de la misma y en la lengua vulgar, única que conoce; por el contrario, Agricola es un hombre de letras, de formación y estudios universitarios, por tanto conocedor del latín y además médico de profesión. Por su ejercicio médico en la región de Joachimstal (Bohemia), a la sazón la principal cuenca minera de Europa, se encontró en condiciones de aprender y familiarizarse con la técnica de la extracción y elaboración de metales, la cual expuso en su obra latina, destinada por tanto al público culto y letrado de toda Europa.

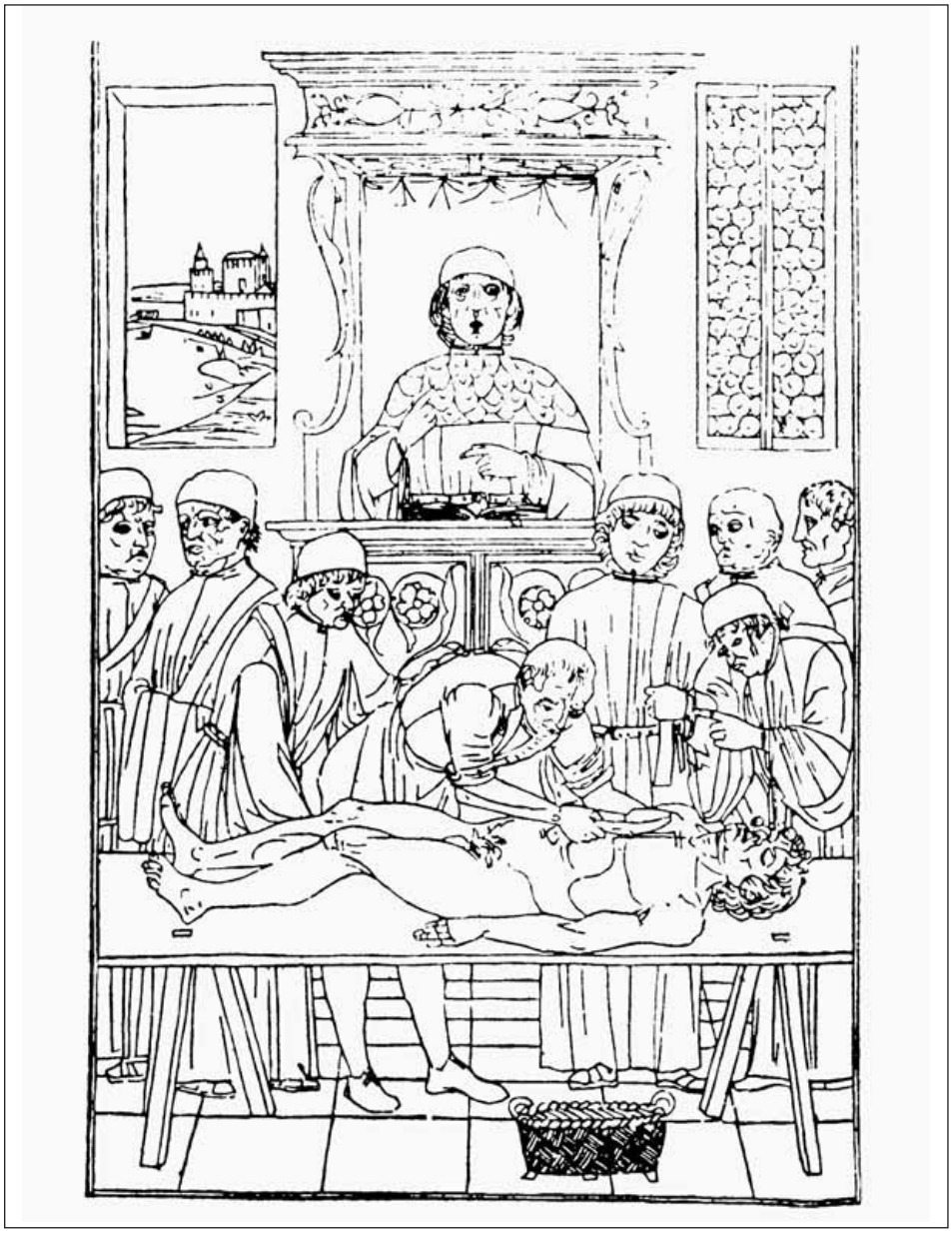
Significativo en la obra de Agricola no es tan solo el hecho de que un hombre de cultura superior dirija su mirada a una técnica inferior, manual y meramente productiva, sino que, además, presente esa técnica como un campo de observaciones, experimentación y conocimiento que amplía enormemente el conocimiento de la naturaleza e incluso ennoblece al sujeto humano. ¡Lejos, pues, de denigrar y mancillar la dignidad del hombre, la técnica metalúrgica la ponía de manifiesto y la ensalzaba! Además, Agricola insistía en la necesidad de una observación sistemática, exhaustiva y escrupulosa y de una exposición clara y transparente, con el fin de conseguir una eficaz comunicación y transmisión del saber, criticando y rechazando explícitamente el secretismo y la oscuridad de los cultores de la alquimia, una técnica en cierto modo concurrente.

Finalmente —como podíamos esperar—, Agricola reivindica la técnica metalúrgica frente a las acusaciones tradicionales de arte puramente mecánica y servil, indigna de un hombre libre e incomparable con las artes liberales. Agricola insiste —tal y como ya habían hecho los «artistas» en Italia en el siglo anterior— en que el

arte de la metalurgia requiere un conocimiento de diversos saberes y, en última instancia, que la distinción entre técnica y ciencia carece de sentido y es del todo contraproducente.

El tercer ejemplo procede de un ámbito ciertamente periférico a las artes mecánicas, pero no nos resistimos a presentarlo por evidenciar con toda claridad dos aspectos del proceso que venimos abordando: la colaboración, mutuamente enriquecedora, de técnicos y científicos y, por otro lado, la superación de la escisión entre teoría y práctica mediante la unificación de los dos aspectos en la figura y persona del teórico. Se trata de la famosa obra de Andrés Vesalio, publicada en 1543, *De humani corporis fabrica*, que marca el inicio de la anatomía moderna. Por un lado, la imprenta y la técnica del grabado permitieron la representación del saber anatómico mediante las famosas ilustraciones confeccionadas por un artista discípulo de Tiziano, en las que los distintos componentes de la estructura anatómica del ser humano se representaban con una fidelidad sorprendente y nunca vista con anterioridad. Por otra parte, Vesalio proclamaba programáticamente la necesidad de generalizar lo que estaba en la base de su obra como su propia realización personal: el regreso del médico a la observación anatómica directa, abandonando la formación puramente teórica y libresca, y la recuperación de la práctica de la disección anatómica, que desde hacía siglos había sido dejada en manos de prácticos cirujanos sin formación ni competencia teóricas. En el prefacio a su gran obra, Vesalio describía críticamente esta escisión histórica que su obra llamaba a superar mediante la confluencia de la teoría y la práctica en la ciencia médica y, en concreto, en la disciplina anatómica:

> Después de la invasión de los bárbaros todas las ciencias, que antes habían florecido espléndidamente y habían sido practicadas según se debe, quedaron en ruinas. En aquel entonces, y antes que en ningún sitio en Italia, los doctores de moda, imitando a los antiguos romanos, empezaron a despreciar el trabajo manual. Confiaban a esclavos las curas que estimaban necesarias para sus pacientes, y ellos se limitaban por su parte a superentender. [...] Las intervenciones manuales fueron dejadas en manos de los barberos [...]. Desgraciadamente, actuando de este modo han alejado de sí la más importante y antigua rama del arte de la medicina, aquella que (admitiendo que se dé en verdad otra) está basada sobre todo en la investigación de la naturaleza [...]. Una vez que todo el proceso de las operaciones manuales quedó confiado a los barberos, los doctores no solo perdieron bien pronto el recto conocimiento de las vísceras, sino que enseguida sucumbió también la práctica anatómica. Depende esto sin duda del hecho de que los doctores no querían arriesgarse a operar, mientras que aquellos a quienes este encargo era confiado solían ser demasiado ignorantes para poder leer los escritos de los maestros de anatomía. Y así ha venido a suceder que esta deplorable división del arte de la medicina ha introducido en nuestras escuelas el odioso sistema hoy en boga de que uno lleve a cabo la disección del cuerpo humano y otro vaya describiendo sus partes. Este último, encaramado en lo alto de un púlpito, como una corneja, y con ademanes sumamente desdeñosos, repite hasta el hastío noticias relativas a hechos que él jamás ha observado directamente, sino que se los ha aprendido de memoria en libros ajenos o tiene una descripción de ellos ante



2.3. Lección de medicina. *Se reproduce con exactitud la práctica habitual de la enseñanza de la anatomía denunciada por Andrés Vesalio en* De humani corporis fabrica *(1543). Se observan un cirujano-barbero que abre el cadáver, un lector (en el púlpito) y un demostrador (a la derecha) que señala las estructuras referidas por el lector, así como una mayoría de estudiantes ausentes respecto de lo que se realiza.*

> los ojos. El diseccionador, ignorante del arte de hablar, no está capacitado para explicar la disección a los alumnos y dispone malamente la demostración que debería seguir a las explicaciones del médico, mientras que este nunca pone manos a la labor, sino que va orientando despreciativamente el buque con la ayuda del manual y habla. Así, todo es mal enseñado, se malgastan los días en cuestiones absurdas y se les da a los alumnos menos nociones y más confusas que las que cualquier carnicero, desde su banco, podría enseñarle al doctor[2].

De este modo Vesalio venía a propugnar la convergencia en la medicina de la teoría y la observación directa, denunciando la inevitable decadencia de todo saber teórico que pretenda desgajarse del trabajo y de la manipulación técnica de ese sector de la naturaleza que pretende conocer.

Con nuestro cuarto ejemplo volvemos al terreno específico de las técnicas o artes mecánicas. Se trata de la famosa loa del arsenal veneciano y del trabajo y conocimiento allí acumulado por los técnicos o artesanos con que se abre la primera jornada de los *Discorsi* de Galileo. Vale la pena citar el pasaje en cuestión:

> Pienso que la frecuentación asidua de vuestro famoso arsenal, Señores Venecianos, ofrece un vasto campo para filosofar a los intelectos que especulan, especialmente en aquella parte que se denomina mecánica, dado que en él se ponen continuamente en funcionamiento todo tipo de instrumentos y de máquinas por medio de un gran número de artesanos, algunos de los cuales han de ser muy entendidos y con un talento muy agudizado debido tanto a las observaciones de sus antecesores como a las que ellos mismos van efectuando continuamente[3].

El pasaje está escrito desde la perspectiva de la filosofía o de la ciencia y concretamente desde la perspectiva de esa ciencia de la naturaleza y del movimiento a la que Galileo da el nombre de *Mecánica*, tomando el nombre del territorio de las técnicas, pero desplazándolo semánticamente para designar ahora una disciplina y actividad teórica, científica.

Galileo, por tanto, no confunde ciencia y técnica en una sola actividad; las mantiene separadas e incluso en una relación de superioridad por parte de la ciencia, cuyo objetivo es fundamentalmente cognoscitivo o teórico. Y sin embargo la ciencia —y en concreto la ciencia de la mecánica— no puede prescindir, para alcanzar sus objetivos teóricos, no solo de la experiencia en general (es decir, de la observación del comportamiento general de la naturaleza), sino sobre todo de la experiencia manifiesta en las técnicas, o sea, de los hechos *naturales* (la contraposición tradicional, de raigambre aristotélica, entre la *naturaleza* y el *arte-téchne* como ámbitos cualitativamente distintos queda cancelada) que se manifiestan en las artes mecánicas mediante la apli-

---

[2] A. Vesalio: *De humani corporis fabrica*, Basilea, 1543, *Praefatio*, cit. en P. Rossi, *Los filósofos y las máquinas, 1400-1700*, Labor, Barcelona, 1966, pp. 20 y ss.

[3] Galileo Galilei: *Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias*, edición preparada por C. Solís y J. Sádaba, Editora Nacional, Madrid, 1976, p. 67 (traducción ligeramente modificada).

cación de los instrumentos y de las máquinas. La ciencia, por tanto, no puede volver la espalda al territorio de las artes mecánicas; por el contrario, debe volverse directamente a ellas y asumir su experiencia, tanto más cuanto que en el ámbito de estas artes o técnicas nos encontramos con un saber que no está en absoluto estancado, sino (como concluye el texto citado) en progreso constante, en una acumulación progresiva, como consecuencia de las aportaciones de las sucesivas generaciones.

Sin confundir, pues, ciencia y técnica, Galileo reconoce no solo la dignidad e importancia de la técnica en el plano del conocimiento como un saber progresivo y acumulativo, sino que además establece que la ciencia pura (el conocimiento de las leyes de la naturaleza y la explicación causal mediante ellas de los efectos naturales) encuentra un «vasto campo» de ejercicio en el territorio de las técnicas, incluso que la ciencia no puede construirse sin la incorporación de la experiencia presente en las técnicas. Es precisamente lo que reconoce Galileo cuando a continuación constata: «Hablar con ellos [los técnicos] me ha ayudado muchas veces a investigar la causa de efectos no solamente maravillosos, sino ocultos también y apenas creíbles»[4].

Este reconocimiento del papel y de la importancia de la técnica y de los resultados de la misma para la ciencia está en la base de la «invención» galileana del telescopio. Como es sabido, el *cannochiale* era un descubrimiento reciente de técnicos flamencos, los cuales lo usaban con fines lúdicos, así como en el ámbito de las técnicas y muy especialmente en el terreno militar.

Gracias a su habilidad y pericia en el campo de las técnicas, en la construcción de aparatos e instrumentos técnicos, Galileo consiguió fabricar, a partir de las noticias orales recibidas acerca del instrumento y mediante sucesivos intentos, un primer tubo telescópico que ofreció al estado veneciano como ingenio útil para las necesidades bélicas y de navegación. Pero, además, lo aplicó a la observación celeste y astronómica, con el resultado testimoniado por el *Sidereus nuncius* (1610): ampliación extraordinaria (y creciente, de acuerdo con el progresivo perfeccionamiento del instrumento) de la experiencia astronómica con el consiguiente enriquecimiento y mutación de la «realidad» celeste, comienzo de la era instrumental en la ciencia por la constitución de una experiencia nueva mediante la interposición del instrumento entre nuestros ojos y el objeto.

Todo ello presuponía el abandono del prejuicio aristotélico de la adecuación del órgano de percepción humano (el ojo) a la realidad natural objeto de conocimiento y la aceptación de la posibilidad de que solo percibamos una parte de la realidad, junto con la convicción de que la técnica puede suplir nuestro natural límite perceptivo y ampliar el campo de nuestra experiencia.

[4] *Ibid.*, pp. 67 y s.

III.2. *La rehabilitación de la técnica en los reformadores de la enseñanza: Luis Vives (1492-1540) y Petrus Ramus (1515-1572)*

Esta reevaluación positiva de la técnica y la voluntad de una integración con la ciencia se encuentran también en algunos filósofos del Renacimiento que, a partir de las nuevas propuestas pedagógicas del Humanismo, reflexionan sobre la organización de los estudios. Así, se ha hecho con frecuencia referencia al humanista español, afincado en los Países Bajos, Luis Vives.

Vives publicó en 1531 una extensa obra titulada *De disciplinis*, en la cual llevaba a cabo un examen general de las diferentes disciplinas que constituían el saber humano. En la primera parte (titulada *Causas de la corrupción de las artes*), el humanista valenciano trazaba un cuadro sombrío del proceso histórico por el que las artes liberales y en general las ciencias habían llegado al lamentable estado de postración contemporáneo, caracterizado por la universal aceptación del principio de autoridad. Ello, según Vives, era especialmente manifiesto en el ámbito de la filosofía natural, donde la ciega sumisión a Aristóteles llevaba a pensar necia e ingenuamente que la naturaleza estaba suficientemente conocida por haberla encerrado en una red de categorías puramente verbales, cuando lo cierto es que saben más de ella y de su funcionamiento los técnicos:

> [Los filósofos aristotélicos o escolásticos] tienen una virginal inexperiencia de estas cosas y de esta naturaleza mejor conocida de los labriegos y de los artesanos que no de ellos, filósofos tan grandes. Enajenados con esa Naturaleza que ignoraban, fantaseáronse otra a base de bagatelas de sutilezas de aquellas zarandajas que nunca Dios creara, que se denominan concretamente *formalitates, ecceitates, realitates, relationes, Platonis ideas* y otras monstruosas invenciones que no entienden los mismos que las engendran[5].

De acuerdo con ello, la segunda parte (*Acerca del arte de enseñar*) trazaba un amplio cuadro de reforma de la enseñanza de las diferentes disciplinas. La mirada de Vives seguía limitada a la enseñanza de las artes liberales y de la filosofía o ciencia, pero en el curso de su examen se hacía evidente un fuerte disgusto ante la «teoría pura», es decir, ante un conocimiento puramente contemplativo, al cual oponía como mucho más preferible un saber encaminado a la satisfacción de las necesidades prácticas. Así, por ejemplo, a propósito de la astronomía se decía que, excluida por supuesto la impía y vana astrología,

> exclusivamente se referirá a la fijación y estado del tiempo, sin lo cual las faenas rústicas, que son la base de toda vida, no pudieran efectuarse, como también a la posición de los lugares y su longitud y su latitud, conocimientos muy convenientes a la

[5] J. L. Vives: *Las disciplinas*, parte I, libro V, en L. Vives: *Obras completas*, traducción de L. Riber, vol. 2, Aguilar, Madrid, 1948, p. 484. Véase también P. Rossi: *Los filósofos y las máquinas*, *op. cit.*, pp. 19 y ss.

2.4. Juan Luis Vives (Valencia, 1492-Brujas, 1540). *Humanista, filósofo y teórico de la educación. Nacido en el seno de una familia de conversos con algunos casos de condena inquisitorial por criptojudaísmo, Vives comenzó sus primeros estudios en Valencia en 1508 para continuarlos en París (1509-1512). Enemigo acérrimo de los contenidos y de la enseñanza escolásticos, es uno de los representantes más importantes del Humanismo europeo de comienzos del siglo XVI, junto con Erasmo de Rotterdam, de quien fue colaborador. Enseñó en Lovaina (1517-1523) y en Oxford (1523-1525). Desde 1528 hasta su muerte residió en los Países Bajos. Para la edición erasmiana de las obras de San Agustín realizó un extenso y documentadísimo comentario a* La ciudad de Dios *(1522). Entre sus obras destacan:* In Pseudodialecticos *(1520, crítica inmisericorde de la lógica y filosofía escolásticas),* De disciplinis *(1531, vasta obra que reconstruye la decadencia de las disciplinas intelectuales desde el ocaso de la Antigüedad y señala las directrices de una reforma de la enseñanza),* De anima et vita *(1538, estudio empírico de la problemática psicológica) y escritos de filosofía social y política como* De Europa dissidiis et bello Turcico *(1526),* De subventione pauperum *(1526) y* De concordia et discordia *(1529).*

> Cosmografía, y necesarios para el arte de navegar, que, sin esta enseñanza, resultaría harto incierta y titubeante, expuesta a los mayores y más mortales peligros[6].

Consiguientemente, Vives exhortaba al hombre europeo culto y maduro, salido de una escuela humanista renovada, a examinar con detenimiento las diferentes técnicas indispensables para la vida:

> las artes y descubrimientos humanos, en lo que toca y atañe a la alimentación, al vestido, a la vivienda [...]. Luego las artes de tracción animal [...]. Vecina de esta arte es la navegación, que es tracción también. Se fijará en estas cosas una por una y se esforzará por averiguar la manera como fueron descubiertas, buscadas, acrecentadas, conservadas, perfeccionadas, aplicadas al uso y utilidades nuestras[7].

El medio más apropiado para hacerlo era «acudir sin empacho a los talleres y a las factorías y preguntar y aprender de los artesanos las particularidades de su arte. Porque de muy atrás, los sabios se desdeñaron de apearse a este plano y se quedaron sin saber una porción incalculable de cosas que tanta importancia tienen para la vida»[8]. De este modo, la tradicional división entre artes liberales y artes mecánicas o técnicas quedaba superada como un prejuicio elitista injustificado, a pesar de que en lo fundamental Vives la seguía en su examen crítico e histórico de las disciplinas.

Lo que en la obra de Luis Vives aparece como registros esporádicos y puntuales recibe en la del francés Petrus Ramus (Pierre de la Ramée) una elaboración completa y sistemática en el marco de una concepción general del saber y de su función social, que se une a un proyecto global de reforma de la enseñanza. En su caso, además, nos enfrentamos a unos planteamientos a la vez críticos y constructivos que ejercieron una enorme influencia sobre el pensamiento europeo (e incluso americano, si tenemos en cuenta su fuerte difusión e implantación en las colonias de Nueva Inglaterra y por tanto en el núcleo germinal de los Estados Unidos), muy especialmente en los países reformados y dentro de ellos allí donde imperaba el calvinismo, influencia que estuvo vinculada sin duda con el hecho de la conversión de Ramus al calvinismo en 1561 y con su muerte violenta en la matanza parisina de la noche de San Bartolomé en 1572.

Ramus se embarcó en una tarea de reforma de la enseñanza que le iba a procurar encarnizados enemigos y que contribuiría decisivamente a su asesinato, a partir de la convicción de que la enseñanza tradicional, basada en la distinción y separación entre artes liberales y mecánicas, junto con la concepción puramente teorética o contemplativa del saber, estaba basada en unos presupuestos completamente erróneos, cuyas consecuencias en el plano social eran de enorme trascendencia y

---

6 L. Vives: *Obras completas*, *op. cit.*, vol. 2, p. 634.

7 *Ibid.*, p. 635.

8 *Ibid.*, pp. 635 y ss.

del todo negativas, incluso en lo que se refiere al saber mismo. La denominación despectiva de «usuarius» que sus enemigos dieron a Ramus en virtud de su planteamiento general (denominación que el autor francés no rechazó en absoluto, viendo en ella por el contrario un motivo de orgullo) es suficientemente indicativa de la orientación de su reforma pedagógica y de su posición ante la técnica, así como de las resistencias a que debió de enfrentarse.

En efecto, el *uso*, esto es, la aplicación práctica, constituye en opinión de Ramus una parte integral de las disciplinas teóricas mismas. Por eso el abandono de que ha sido objeto históricamente ha ocasionado una mutilación de las disciplinas de efectos desastrosos en el mismo plano teórico, tanto por lo que se refiere a los conocimientos mismos como por lo que hace a la valoración social. Como ha señalado R. Hooykaas, «Ramus reconnaît que, l'usage des sciences mathématiques dans la vie commune étant tombé dans l'oubli, les sciences pures en subissent la répercussion: les manuscrits mathématiques ne sont plus gardés soigneusement, les études elles-mêmes s'atrophient»[9].

El *uso* o la aplicación práctica en las técnicas constituye el fin del conocimiento, el cual no reside en la mera contemplación de una verdad atemporal e independiente de las cosas mismas (a lo sumo, manifiesta en ellas), sino en directrices prácticas o reglas de intervención técnica sobre la naturaleza con el fin de facilitar y aligerar la vida humana. Ramus insiste constantemente en este punto, que vale por igual para todas las artes, desde las artes del lenguaje (gramática, lógica) hasta las artes o disciplinas matemáticas y hasta la física o filosofía natural misma: «El uso es el padre, el maestro y el árbitro del arte», decía en una obra dedicada a la dialéctica; «el fin de las artes está en el uso, no en la contemplación», decía en otra dedicada a las matemáticas[10].

Como buen humanista, Ramus buscó un aval para su innovadora posición en la Antigüedad y lo encontró en Sócrates, especialmente en el Sócrates transmitido por Jenofonte:

> Entre les grandes et admirables parties de la sagesse de Socrate, une fut qu'il maintenoit que tous les arts libéraux se debvoient rapporter à la vie humaine, pour faire l'homme plus avisé à bien délibérer et plus prompt à bien éxécuter, et qu'il y avoit ès escoles trop d'enseignemens et de livres, trop de subtilités et d'argoteries sans utilité, sans usage; que pour estre hautonnier, maçon, laboureur, n'est point assez de sçavoir parler des regles de nautique, de maçonnerie, de labourage, mais qu'il falloit mettre la main à l'œuvre, et bien naviger, bien maçonner, bien labourer; que les mathématiques (qui estoient pour lors les arts plus traictez et celebrez) se debvoient ainsi démonstrer, l'arithmétique pour bien nombrer, la géometrie pour bien mesurer, l'astrologie pour la nautique, pour la

[9] R. Hooykaas: *Humanisme, Science et Réforme. Pierre de la Ramée (1515-1572)*, Brill, Leyden, 1958, p. 78.

[10] *Ibid.*, cap. v.

2.5. Petrus Ramus (Pierre de la Ramée, Cuts [Soissons], 1515-París, 1572). *Humanista y filósofo francés. Estudió en la Universidad de París desde 1527, graduándose en 1536. Desde el primer momento se caracterizó por su radical oposición a la lógica aristotélico- escolástica y a las formas contemporáneas de enseñanza, empeñándose en una actividad de reforma de la lógica y en general de la configuración y enseñanza de las artes liberales, lo cual le granjeó numerosos enemigos. Dirigió el Colegio de Presles desde 1546 hasta su muerte y fue profesor del Colegio Real desde 1551. Publicó numerosos libros de reforma de la lógica y de las artes liberales que alcanzaron enorme difusión en toda Europa, generando un vasto movimiento intelectual y pedagógico conocido como «Ramismo». Su influencia fue máxima en los países y ambientes reformados como consecuencia de su conversión al calvinismo en 1561 y de su muerte en la matanza de la noche de San Bartolomé. Su reforma de las disciplinas y de la enseñanza de las mismas estaba marcada por su reivindicación de la unión de teoría y práctica, por la insistencia en el desarrollo de las disciplinas matemáticas, en especial en su dimensión práctica, y en general por el elogio de las técnicas asociadas a la actividad productiva. Entre sus obras destaca la* Dialectique *(1555), con más de cien ediciones en el curso de un siglo.*

> médicine, pour l'agriculture, pour toutes choses naturelles sur lesquelles l'empire du ciel peut commander[11].

Con esta actitud Sócrates no hacía otra cosa, según Ramus, que seguir la «razón natural», esto es, el dictamen de la razón como conmensurada y conforme con la naturaleza. En virtud de ello puede criticar Ramus la errónea concepción puramente teorética, y contraria al uso práctico del saber en general y de las matemáticas en particular, presente en los pitagóricos y en Platón, a la vez que alabar a Aristóteles por haber escrito una *Mechanica* (obra que hoy se considera escrita por un miembro de la escuela peripatética) y lamentar que el gran Arquímedes hubiera compartido la actitud platónica y en consecuencia se hubiera negado a transmitir por escrito a la posteridad sus conocimientos técnicos. Por eso su modelo e ideal es Herón de Alejandría, por igual matemático y mecánico, en quien se unieron en equilibrio la geometría de Platón y la mecánica de Arquímedes, el arte y el uso del arte[12].

De esta manera, y en medida aún mayor que en Vives, la distinción artes liberales/mecánicas queda prácticamente abolida en Ramus, para quien las artes mecánicas no son otra cosa que matemática aplicada, es decir, ciencia en su vertiente natural práctica o utilitaria. De ahí que Ramus promoviera con todas sus fuerzas el contacto y la colaboración de los filósofos o científicos con los técnicos o mecánicos, dando incluso ejemplo personal de ello: «Digo y confirmo que no hay en la universidad de París experto en las artes matemáticas que no me sea familiar y querido; incluso que no existe en toda la ciudad artesano de ingenio algo notable cuyo taller mecánico no haya yo examinado y pisado con frecuencia»[13]. En consecuencia, Ramus buscó la colaboración de artesanos que suplieran sus propias carencias y lagunas en el campo de las matemáticas, como es el caso de Pierre Forcadel, hombre iletrado, pero matemático capaz, para quien consiguió incluso —a pesar de que ignoraba la lengua latina— el nombramiento de «lector real» de matemáticas en 1563. El que Forcadel impartiera sus lecciones de matemáticas en lengua francesa no representó para Ramus ningún impedimento, dada su competencia técnica, a la hora de su promoción académica.

De esta forma la filosofía del Renacimiento tardío había alcanzado ya una rehabilitación de la técnica y abolido (o, al menos, seriamente cuestionado) la jerarquización que la depreciaba y diferenciaba poderosamente con respecto a la ciencia pura. A comienzos del siglo XVII se asistiría a la definitiva elaboración filosófica del

---

11 P. RAMUS: *La Remonstrance de Pierre de la Ramée, faite au conseil privé, en la chambre du Roy au Louvre, le 18 de janvier 1567, touchant la profession royalle en mathématiques*, cit. en HOOYKAAS, *op. cit.*, p. 21.

12 P. RAMUS: *Scholarum Mathematicarum libri unus et triginta*, Basilea, 1569: «Quamobrem iste mihi imprimis placet author, qui Platonis Geometriam cum Archimedis Mechanicam, qui artem cum artis usu tam solerter atque industrie conjunxerit», cit. en HOOYKAAS, *op. cit.,* p. 94.

13 P. RAMUS: *Actio pro regia mathematicae professionis cathedra*, citado por HOOYKAAS, *op. cit.*, p. 94.

lugar de la técnica en el conjunto del saber y de la sociedad por parte de los fundadores del programa científico-filosófico de la modernidad: Galileo, Descartes y sobre todo, en lo que hace referencia a la filosofía de la técnica, por parte de Francis Bacon, el autor con el que vamos a concluir nuestra exposición.

IV

Francis Bacon (1561-1626)

En 1605 el inglés Francis Bacon, jurista y político, publicaba un libro dedicado al rey Jacobo I cuyo título era *Of the proficience and advancement of Learning*. Se trataba de la primera presentación impresa de la concepción de la ciencia de quien años más tarde iba a alcanzar el cargo de canciller de Inglaterra. Esta concepción se caracterizaba por el abandono definitivo de la vieja y tradicional concepción contemplativa de la ciencia, como un saber desinteresado y de finalidad puramente cognoscitiva.

Así, en un determinado lugar de esta obra Bacon afirmaba rotunda y provocativamente: «But men must know, that in this theatre of man's life it is reserved only for God and angels to be lookers on»[14]. Esta orgullosa despedida de la finalidad tradicionalmente asignada a la ciencia durante dos milenios estaba acompañada de la decisiva afirmación de un nuevo fin de la ciencia, que llevaba a su culminación los desarrollos de autores anteriores y formulaba con claridad lo que iba a ser el lugar de la ciencia en la sociedad europea moderna: la obtención del dominio humano sobre la naturaleza mediante las directrices operacionales emanadas naturalmente del conocimiento científico; es decir, no ya una mera técnica unida al conocimiento, sino una técnica científica o tecnología que es la vertiente operacional en que se traduce espontáneamente el conocimiento científico y mediante la cual el hombre se libera de su servidumbre con respecto a la naturaleza, convirtiéndose por el contrario en señor de la misma. Como iba a decir Bacon años más tarde, en la *Instauratio magna* de 1620, publicada cuando se encontraba en la cima de su poder, «queremos advertir a todos los hombres que piensen en el verdadero fin de la ciencia y no la busquen por el placer del alma o por amor a la disputa o para menospreciar a los demás, o por el propio interés o por fama o poder personal u otros fines inferiores de este tipo, sino con vistas al beneficio y necesidades de la vida y que la cultiven y perfeccionen en espíritu de caridad»[15]; «la verdadera y legí-

[14] F. Bacon: *Of the proficience and advancement of Learning*, en Bacon, *Works*, ed. de J. Spedding, R. L. Ellis y D. D. Heath, Londres, 1887-1892, vol. III, p. 421 (trad. castellana: *El avance del saber*, trad. de M. L. Balseiro, Alianza, Madrid, 1988, p. 163: «Mas sépase que en este teatro que es la vida humana el papel de espectador queda únicamente reservado para Dios y los ángeles»).

[15] F. Bacon: *La gran Restauración*, trad. de M. Á. Granada, Alianza, Madrid, 1985, *Prefacio*, pp. 59 y s.

tima meta de las ciencias no es otra que dotar a la vida humana de nuevos descubrimientos y recursos»[16].

Esta reformulación de la finalidad de la ciencia con la incorporación de la técnica que comporta coincide con una crítica inmisericorde del saber tradicional especulativo o contemplativo. Esta crítica, ya presente en la obra de 1605, la encontramos también en *La gran Restauración* de 1620. Bacon subraya siempre el estancamiento de la ciencia tradicional, incluso su decrecimiento, por la incapacidad de superar el nivel alcanzado por sus primeros formuladores:

> [...] las ciencias de que nos servimos poseen algunos principios generales vistosos y seductores, pero si venimos a las instancias particulares, es decir, a la región de la generación, buscando sus frutos y sus obras, entonces nacen controversias y disputas vociferantes en que dichas ciencias vienen a concluir y que ocupan el lugar del parto. Además, si esas ciencias no estuvieran completamente muertas, parece que en modo alguno ocurriría lo que ha sucedido durante muchos siglos: dichas ciencias permanecen casi inmóviles, fijas en su posición y no añaden incrementos dignos del género humano[17].

Incluso podemos decir que, inevitablemente, este saber —muy ligado a la estimación de la multitud— se ha transmitido a la posteridad en sus formulaciones más ligeras y vanas: «Por eso si en alguna ocasión surgieron especulaciones más profundas, los vientos de las opiniones vulgares las persiguieron y apagaron inmediatamente, de forma que el Tiempo (como un río) ha traído hasta nosotros las cosas ligeras e hinchadas, pero ha sumergido las pesadas y sólidas»[18].

Por el contrario, las artes mecánicas muestran una trayectoria histórica marcada por el progreso constante e ininterrumpido, debido a ese contacto con la naturaleza que mantienen y que las vivifica:

> Podemos ver que en las artes mecánicas ocurre lo contrario: como si participaran de un cierto espíritu vital, crecen y se perfeccionan día tras día y si en los primeros autores se nos muestran por lo general rudas, pesadas e informes, después adquieren nuevas virtudes y una cierta utilidad hasta el punto de que los afanes y deseos humanos se agotan y cambian antes de que ellas alcancen su culminación y perfección. Por el contrario, la filosofía y las ciencias intelectuales son adoradas y se ven muy concurridas, como las estatuas, pero no avanzan. En ocasiones muestran incluso el máximo de vigor en el primer autor y a continuación degeneran, pues una vez que los hombres se han vendido y sometido [...] a la opinión de uno solo, ya no añaden incremento alguno a las ciencias, sino que se limitan al oficio servil de adornar y elogiar a algunos autores[19].

---

16 *Ibid., Novum Organum*, I, 81, p. 135.

17 *Ibid., Prefacio a La gran Restauración*, p. 50.

18 *Ibid.*, p. 52.

19 *Ibid.*, pp. 50 y s.

Es verdad que el progreso de las artes mecánicas es lento y que la capacidad de intervención sobre la naturaleza que permiten es muy limitada, pero ello se debe a la limitación y escasa profundidad del conocimiento de la naturaleza que contienen, a su desvinculación de la ciencia; pero la situación podrá cambiar si —como plantea Bacon— la filosofía o ciencia se une con ellas transformándose en filosofía o ciencia operativa y además la práctica individualista se cambia por la de la colaboración en el marco de una empresa colectiva, intergeneracional e institucionalizada bajo la promoción y dirección del Estado.

Esta concepción operacional del saber, que une ciencia y técnica como las dos vertientes o las dos caras de un único proceso (por lo cual «la ciencia y el poder humanos vienen a ser lo mismo, porque el ignorar la causa nos priva del efecto. [...] y lo que en la contemplación tiene el valor de causa, viene a tener en la operación el valor de regla»)[20], comporta, como correlato lógico podríamos decir, un nuevo criterio de verdad.

En efecto, la ciencia contemplativa tradicional ha estado unida a criterios de verdad especulativos o formales. En un texto de 1603, incompleto e inédito en vida, titulado *Valerius Terminus of the Interpretation of Nature*, Bacon decía a este respecto:

> In deciding and determining of the truth of knowledge, men have put themselves upon trials not competent. That antiquity and authority; common and confessed notions; the natural and yielding consent of the mind; the harmony and coherence of a knowledge in itself; the establishing of principles with the touch and reduction of other propositions unto them; inductions without instances contradictory; and the report of the senses[21].

La insuficiencia de estos criterios ha dado pie, según Bacon, a la fundada pero radical crítica del escepticismo, que ha negado la posibilidad de un criterio de verdad y por tanto de la ciencia. Por el contrario, Bacon pretende superar a la vez la ciencia tradicional y el escepticismo mediante el único criterio legítimo de verdad, el criterio operacionalista de intervención técnica sobre la naturaleza:

> The discovery of new works and active directions not known before, is the only trial to be accepted of; [...] the nature of this trial is not only upon the point, whether the

[20] *Ibid., Novum Organum*, I, 3, p. 88.

[21] *Works*, cit., vol. III, p. 242 («A la hora de decidir y determinar la verdad del conocimiento los hombres se han entregado a criterios insuficientes: la antigüedad y autoridad, nociones comunes y reconocidas, el consentimiento natural y espontáneo de la mente, la armonía y coherencia del conocimiento consigo mismo, el establecimiento de principios con la consiguiente reducción de las demás proposiciones a ellos, inducciones sin instancias contradictorias, y el informe de los sentidos», traducción nuestra).

> knowledge be profitable or no, but even upon the point whether the knowledge be true or no[22].

Esta es la raíz de lo que se ha dado en llamar la concepción «utilitarista» del saber propia de Francis Bacon. Pero hemos de tener presente que el utilitarismo no significa que se deba atender solo a lo útil, renunciando a todo lo demás como irrelevante o carente de valor e interés. Significa, por el contrario, que a través de las directrices técnicas de intervención sobre la naturaleza y la consiguiente utilidad, se pone de manifiesto la conexión con la realidad, esto es, la verdad de las teorías científicas que producen dichas directrices.

En el *Novum Organum* de 1620, Bacon se expresará en los siguientes términos: «Por tanto, las cosas, tal y como realmente son en sí mismas, ofrecen conjuntamente (en este género) la verdad y la utilidad; y las operaciones mismas han de ser estimadas más por su calidad de prendas de verdad que por las comodidades que procuran a la vida»[23].

La unión e incluso identificación de verdad y utilidad que hemos constatado en el pensamiento de Francis Bacon se pone de manifiesto también en la división del saber. Como es sabido, dicha división estaba llamada a tener considerable éxito, pues la encontramos asumida por Diderot y D'Alembert en el siglo XVIII para la clasificación de la ciencia que adoptaron para la famosa e influyentísima *Encyclopédie.* Dicha división abandona la diferenciación fundamental entre ciencias teoréticas y productivas para partir, como criterio clasificatorio, de las facultades de la mente humana que producen el conocimiento. Así, a la memoria corresponde la Historia, a la imaginación la Poesía y a la razón la Filosofía o ciencia. En esta última el apartado de la Filosofía o ciencia natural, donde la dimensión teorética y operativa o tecnológica discurren lógicamente en paralelo como las dos vertientes de un único proceso, aparece dividido en dos disciplinas, denominadas respectivamente Física y Metafísica en el plano teorético y Mecánica y Magia en el plano operativo: «Sean estas las dos partes de la filosofía natural: la inquisición de causas y la producción de efectos; lo especulativo y lo operativo; la ciencia natural y la prudencia natural»[24].

Bacon tiene aquí gran cuidado de señalar que se sirve del viejo término de Metafísica para designar, sin embargo, una indagación que no pretende salir del

---

[22] *Ibidem* («el descubrimiento de nuevas obras y de directrices activas no conocidas con anterioridad es el único criterio que debe ser aceptado; [...] la naturaleza de este criterio no afecta únicamente al hecho de si el conocimiento es útil o no, sino incluso al hecho de si el conocimiento es verdadero o no»; traducción nuestra). Véase también M. Á. GRANADA: «Bacon and Scepticism», en M. FATTORI y G. REES (eds.): *Francis Bacon in the Late 20th Century: Sources, Editions and Outlook*, en *Nouvelles de la République des Lettres,* 2006, pp. 91-104..

[23] *Novum Organum*, I, 124, en *La gran Restauración*, *op. cit.*, p. 178. Sobre esta importante cuestión véase P. ROSSI, *Los filósofos y las máquinas*, *op. cit.*, Apéndice 2, «Verdad y utilidad de la ciencia en Francisco Bacon», pp. 139-161.

[24] *El avance del saber*, *op. cit.*, p. 102.

2.6. Francis Bacon (Londres, 1561-1626). *Jurista, político y filósofo. Hijo de Sir Nicholas Bacon, guardián del sello real de Isabel I de Inglaterra, comenzó estudios en Cambridge (1573), pero abandonó la universidad sin ninguna graduación en 1575. De 1576 a 1579 residió en París, en el séquito del embajador inglés. De nuevo en Londres cursó estudios de derecho en la escuela de Gray's Inn, deviniendo abogado en 1582. Su carrera fue política y jurídica tras ser elegido diputado parlamentario en 1584. Desde estos años redactó numerosos opúsculos de carácter jurídico-político, pero en 1597 comenzó su actividad pública como filósofo con la publicación de sus* Ensayos. *Su progreso en la vida política y jurídica comenzó con el acceso al reino de Jacobo I (1603), alcanzando sucesivos puestos de responsabilidad hasta ser nombrado en 1618 Canciller general, puesto que debió abandonar en 1621 tras ser acusado y procesado por cohecho. Desde entonces se dedicó a la filosofía y al desarrollo de su proyecto de reforma general del saber y de la ciencia que había venido formulando en numerosos escritos inéditos desde 1603 y en algunas publicaciones:* Advancement of Learning *(1605),* De sapientia veterum *(1609) y sobre todo la* Instauratio magna *(1620), que contenía su famoso* Novum Organum *o nueva formulación del método inductivo científico.*

ámbito de la naturaleza, sino por el contrario alcanzar el conocimiento de las estructuras más profundas de esta, es decir, lo que él denomina las «formas», de nuevo tomando el término tradicional, pero modificando decisivamente su significado. De este conocimiento resulta, de acuerdo con el principio de que «conocimiento es poder»[25], la máxima capacidad operativa y transformadora sobre la naturaleza. El aforismo II, 3 del *Novum Organum* lo expresa con toda claridad:

> Quien conoce la causa de alguna naturaleza (por ejemplo la blancura o el calor) solamente en algunos casos, posee una ciencia imperfecta, y quien puede producir un efecto únicamente sobre algunas de las naturalezas susceptibles de ello posee un poder igualmente imperfecto. Por su parte, quien conoce solo la causa material y eficiente [el objeto de la Física] (que son causas variables y nada más que vehículos y causas portadoras de la forma en algunos casos) puede llegar a nuevos descubrimientos en una materia similar hasta cierto punto y predispuesta, pero no puede penetrar en los límites más profundos de las cosas. Sin embargo, quien conoce las formas [objeto de la Metafísica] abraza la unidad de la naturaleza en materias disparísimas, y, por tanto, puede descubrir y producir lo que hasta ahora no se ha efectuado, cosas que ni las vicisitudes de la naturaleza, ni las actividades experimentales, ni el azar han producido jamás o sometido nunca a la consideración humana. Por eso del descubrimiento de las formas se sigue el conocimiento verdadero y la operatividad libre[26].

Pues bien, a esta operatividad libre o tecnología derivada de la ciencia natural en su estadio teórico más profundo (Metafísica) da Bacon el nombre de Magia natural. De nuevo Bacon se sirve de un término de la cultura tradicional y contemporánea, por él tan criticada, para designar algo muy diferente. Bacon sabe que «por lo que respecta a la magia natural que ahora se menciona en los libros, [está] compuesta de ideas y observaciones crédulas y supersticiosas de simpatías y antipatías y propiedades ocultas, y experimentos frívolos»[27]. Sin embargo, si decide servirse del nombre es en virtud de la aspiración ultima de esa técnica, presente en la antigua acepción de la misma y conservada a pesar de la degeneración teorético-práctica y metodológica de la misma, la aspiración al pleno dominio humano sobre la naturaleza: «Para concluir, pues: la verdadera magia natural, que es esa gran libertad y latitud de operación que depende del conocimiento de las formas, puedo calificarla de deficiente»[28]. De esta manera Bacon transfería a la nueva ciencia el ideal del «reino humano» sobre la naturaleza propio de la tradición mágica y estrechamente unido a la concepción religiosa del mundo y del papel del hombre en él como «ministro» de la divinidad llamado a administrarlo y

[25] *La gran Restauración*, *op. cit.*, p. 76: «Así, los dos objetivos gemelos, la *Ciencia* y el *Poder* humanos, vienen a ser en realidad lo mismo, y el fracaso en la acción procede sobre todo de la ignorancia de las causas» (*Distribución de la obra*).

[26] *Ibid.*, pp. 189 y s.

[27] *El avance del saber*, *op. cit.*, p. 111.

[28] *Ibid.*, p. 112.

llevarlo a la perfección a través del conocimiento y de la operación mágica. Cuando Bacon llama al hombre (*Novum Organum*, I, 1) «ministro e intérprete de la naturaleza»[29] se está sirviendo de lexemas propios de la tradición de la magia natural (presentes, por ejemplo, en el *Asclepius* hermético, en Plotino, en Pico della Mirándola) para indicar que no es en los errores de la vieja cultura, sino en la recta vía de la concepción tecnológica de la ciencia que él formula, donde esas viejas y legítimas aspiraciones pueden encontrar satisfacción[30].

Entre los muchos defectos de la tradición mágica —y de la disciplina alquímica también— figuraba, además del esoterismo, de la impostura y de la vana ostentación, la búsqueda de una operatividad y rentabilidad práctica inmediata del conocimiento. En esta búsqueda magos y alquimistas abandonan el conocimiento, dejan de lado los *experimenta luminifera* en favor de los *experimenta fructifera*, repitiendo de este modo el error de Atalanta, que desatendió la persecución de la meta y la victoria en la carrera llevada de la ambición imprudente a las manzanas de oro que se le ofrecían en el camino. Bacon usa con este significado metafórico o alegórico el mito clásico de Atalanta en prácticamente todas sus obras, pero especialmente en la obra de 1609 *De sapientia veterum*, donde una serie de mitos griegos recibían una interpretación en el sentido de la nueva concepción del saber. Allí, a propósito de Atalanta, se decía:

> La fábula parece proponer una insigne alegoría del certamen del arte con la naturaleza. En efecto, el arte, significada por medio de Atalanta, si nada lo impide y obstaculiza, es por su propia eficacia mucho más veloz que la naturaleza y como de un curso más rápido; y llega más pronto a la meta. Se puede comprobar tal cosa en casi todos los ámbitos. [...] ves que el barro se endurece lentamente en la generación de las piedras, pero rápidamente en la cocción de los ladrillos. [...] Sin embargo esta prerrogativa y eficacia del arte se ve retardada por causa de las manzanas de oro, con gran detrimento de los asuntos humanos. No hay prácticamente ninguna ciencia o arte que avance constantemente en su curso verdadero y legítimo hacia su fin, como a la meta establecida, sino que siempre detienen su curso, abandonan la carrera y se desvían hacia el lucro y la comodidad, a la manera de Atalanta. [...] Así, no debe sorprender lo más mínimo si no está concedido al arte vencer a la naturaleza[31].

De este modo Bacon criticaba también el utilitarismo ingenuo de autores como Petrus Ramus y de los mismos artesanos o mecánicos contemporáneos, que en su búsqueda de una traducción práctica del conocimiento cancelaban el impulso teórico de amplio vuelo, que requiere postergar muchas veces lo fructífero en favor de lo luminífero.

---

[29] *La gran Restauración*, *op. cit.*, p. 87.

[30] Sobre todos estos puntos véase el estudio clásico de P. Rossi, *Francis Bacon: De la magia a la ciencia*, Alianza, Madrid, 1990.

[31] F. Bacon: *Works, op. cit.*, vol. VI, p. 668 (trad. nuestra). Sobre el *De sapientia veterum* y su función en la obra baconiana véase P. Rossi: *Francis Bacon: De la magia a la ciencia*, *op. cit.*, cap. 3.

Así pues, la técnica recibía en Bacon una rehabilitación que venía a culminar un proceso iniciado en el albor del Renacimiento e inauguraba la concepción propia de la modernidad. Esta rehabilitación comportaba no solo la caída de la ciencia teórica del Olimpo de la contemplación pura al nivel material y productivo de la técnica; exigía también, como lógica contrapartida, la elevación de la técnica del nivel del saber hacer empírico al nivel de la aplicación de una ciencia que ha descubierto los secretos últimos de la naturaleza; en una palabra: la transformación en *scientia operativa* o tecnología. Solo en este caso el hombre dará cumplimiento al sueño de dominio de la tradición mágica y alquimista; o, lo que viene a ser lo mismo, solo entonces recuperará su reino sobre las criaturas de que gozó en el Paraíso y perdió con el pecado original. Como consignó Bacon en la conclusión del *Novum Organum*:

> Así, como probos y fieles tutores, haremos finalmente entrega a los hombres de su fortuna una vez que su entendimiento esté emancipado y haya alcanzado la mayoría de edad. A ello seguirá necesariamente la mejora de la situación humana y la ampliación de su dominio sobre la naturaleza. En efecto, el hombre cayó de su estado de inocencia y de su reino sobre las criaturas por causa del pecado. Sin embargo, una y otra cosa pueden repararse en parte en esta vida: la primera mediante la religión y la fe, la segunda mediante las artes y las ciencias, pues la maldición no ha tornado a la criatura completamente rebelde hasta el extremo. Al contrario: en virtud de ese decreto de «Ganarás el pan con el sudor de tu frente», mediante diversos trabajos (no mediante disputas ciertamente o mediante vanas ceremonias mágicas) se ve obligada finalmente y en cierta medida a conceder a la humanidad el pan, es decir, los medios de vida[32].

La aportación de Bacon no reside únicamente en haber formulado la concepción moderna del saber como dominio y poder, así como en haberle dado esta sanción religiosa en el marco de la historia de la redención del género humano. Reside también en haber proclamado, en virtud de esa inserción religiosa y escatológica, que tal destino era santo e inexorable por responder en última instancia a la voluntad divina y al estatuto excepcional que a la humanidad había concedido el creador en relación con el resto de la creación[33].

---

[32] *Novum Organum*, II, 52, en *La gran Restauración*, *op. cit.*, p. 366.

[33] Sobre este último punto véase Miguel Á. Granada: «La reforma baconiana del saber: milenarismo cientificista, magia, trabajo y superación del escepticismo», ahora en ídem, *El umbral de la modernidad. Estudios sobre filosofía, religión y ciencia entre Petrarca y Descartes*, Herder, Barcelona, 2000, pp. 479-502.

Bibliografía

Secciones I y II

Antal, F.: *El mundo florentino y su ambiente social. La república burguesa anterior a Cosme de Medicis: siglos XIV-XV*, Guadarrama, Madrid, 1963.

Blunt, A.: *Teoría de las artes en Italia (del 1450 a 1600),* Cátedra, Madrid, 1982.

Kristeller, P. O.: «El sistema moderno de las artes», en ídem, *El pensamiento renacentista y las artes*, Taurus, Madrid, 1986, pp. 179-240.

Panofsky, E.: *Idea. Contribución a la historia de la teoría del arte*, Cátedra, Madrid, 1978.

Wittkower, R. y M.: *Nacidos bajo el signo de Saturno. Genio y temperamento de los artistas desde la Antigüedad hasta la Revolución Francesa*, Cátedra, Madrid, 1982.

Sección III

Hooykaas, R.: *Humanisme, Science et Réforme. Pierre de la Ramée (1515-1572),* Brill, Leyden, 1958.

Koyré, A.: «Les philosophes et la machine», en ídem, *Études d'histoire de la pensée philosophique*, Gallimard, París, 1971, pp. 305-339.

Rossi, P.: *Los filósofos y las máquinas 1400-1700*, Labor, Barcelona, 1966.

— «I filosofi e le macchine», en *L'uomo e le macchine*, a cura di M. Brisciani Califano, Olschki, Florencia, 2002, pp. 3-26.

Sección IV

Bacon, F.: *El avance del saber*, trad. de M. L. Balseiro, Alianza, Madrid, 1988.

— *La gran Restauración*, trad. de Miguel A. Granada, Alianza, Madrid, 1985.

Farrington, B.: *Francis Bacon, filósofo de la revolución industrial*, Ayuso, Madrid, 1971.

Granada, M. Á.: «La reforma baconiana del saber: milenarismo cientificista, magia, trabajo y superación del escepticismo», en ídem, *El umbral de la modernidad. Estudios sobre filosofía, religión y ciencia entre Petrarca y Descartes*, Herder, Barcelona, 2000, pp. 479-502.

Rossi, P.: *Francis Bacon: De la magia a la ciencia*, Alianza, Madrid, 1990.

3

Los gremios: estructura y dinámica de un «modelo» gremial

Siro Villas Tinoco
Universidad de Málaga

La palabra «gremio» presenta una acusada polisemia, que está en consonancia con las diversas acepciones que ha tenido durante el devenir histórico, aunque la idea que ha quedado como paradigma (quizá sería mejor decir tópico) es que los gremios fueron unas asociaciones profesionales económicamente potentes, combativas y eficaces en la política local, pacificadoras de los conflictos sociales y que equitativamente prestaban su apoyo a los trabajadores en la desgracia. Además de la falsedad intrínseca de la imagen descrita, el problema ya se evidencia en la enorme dificultad para distinguir en el plano científico entre lo que solo fueron actividades profesionales reguladas y lo que posteriormente ya constituyeron los gremios formalizados[1].

Recurrir a los diccionarios no aporta clarificaciones sustantivas, antes bien puede aumentar la confusión al respecto, pues en uno de los primeros impresos, el

[1] En general, los medievalistas diferencian netamente entre los oficios, cuerpos, artes, mesteres y otras denominaciones originarias del siglo XIII y los gremios, un término que con este sentido aparece por vez primera en Castilla, en 1565 referido a la comunidad católica y en 1615 aplicado a los trabajadores de una misma actividad. Paulino Iradiel entiende que la identificación entre ambas denominaciones corresponde a una cierta ligereza conceptual, más acusada entre los modernistas. P. IRADIEL: «Corporaciones de oficio, acción política y sociedad civil en Valencia», en *Cofradías, gremios y solidaridades en la Europa Medieval*, Gobierno de Navarra, Pamplona, 1993, pp. 253-284. J. A. SESMA MUÑOZ: «Cofradías, gremios y solidaridades en la Europa Medieval», en *Cofradías, gremios...*, *op. cit.*, pp. 17-30. Dado que el Medioevo no es un periodo —ni la cuestión del nombre una polémica— que implique directamente al contenido de la ponencia, adoptamos la propuesta de Antonio Collantes de Terán, para quien el elemento diferencial determinante entre ambos términos sería la existencia de unas autoridades gremiales elegidas por los artesanos y admitidas por los concejos locales. A. COLLANTES DE TERÁN: «La formación de los gremios sevillanos. A propósito de unos documentos sobre los tejedores», en *La España medieval. Estudios dedicados al profesor D. Julio González González*, Madrid, 1980, tomo I, p. 89. Matiz distinto en A. RUMEU DE ARMAS: *Historia de la previsión social en España. Cofradías - Gremios - Hermandades - Montepíos*, Editorial Revista de Derecho Privado, Madrid, 1944, p. 49: «[...] porque el «Gremio» no es sino el "oficio" organizado; es decir, el oficio unido y reglamentado».

de Terreros y Pando[2], hallamos tres acepciones: a) regazo, seno o falda; b) la comunidad católica y c) todo colectivo profesional diferenciado. El sentido figurado protector de todas las entradas parece evidente y la acepción eclesial sigue apareciendo en los documentos hasta alcanzar el siglo XIX.

En el *Diccionario de la Real Academia Española*[3] se observa que algunos de los significados anteriormente contemplados han caído en desuso, y lo más importante es que mientras la acepción cuarta transmite un concepto gremial muy formalista, la quinta abandona todas las especificaciones normativas, dado que cualquier grupo de personas con intereses comunes también puede ser denominado como gremio.

En tercer lugar, el *Diccionario de uso del Español*[4] retoma el sentido gremialista más formal y jurídico, hasta el punto de que podría interpretarse que las corporaciones medievales incluían a todas las profesiones existentes y a la totalidad de sus artesanos, aunque a continuación pone de manifiesto el proceso de ampliación significativa y de trivialización sufrido por el término, que puede aplicase a cualquier grupo de personas que presenten una mínima afinidad de cualquier tipo que sea.

Las dificultades para definir adecuadamente lo que era un gremio aumentan si se han de abordar las diferencias y peculiaridades correspondientes a los distintos ámbitos territoriales y urbanos que constituyeron la génesis y el fundamento de los

[2] E. de TERREROS Y PANDO: *Diccionario castellano con las voces de ciencias y artes y sus correspondientes en las 3 lenguas francesa, latina e italiana...*, 3 volúmenes, Vda. de Ibarra, Madrid, 1786. En el tomo II aparecen las siguientes acepciones: «Gremio, regazo, espacio que hay desde la cintura a las rodillas. Fr. *Girón*. Lat. *Sinus, grémium*. It. *Seno, grembo*. Más comúnmente se dice regazo; y hablando de las mujeres más común es decir *falda* o *faldas*. Figuradamente se dice gremio por lo mismo que seno. V. *Estamos en el Gremio de la Santa Iglesia*. Gremio o suelo firme, nombre que daban los Romanos a las zanjas, que abrían para fabricar sus caminos. Fr. *Assiete*. Lat. *Gremium*. Gremio, lo mismo que cuerpo o Comunidad, clase, sociedad. Fr. *Corpos, communauté*. Lat. *Coetus, collégium, clasis, ordo, gradus*. It. *Raunanza*. V. El *Gremio* de Doctores. El *Gremio* de los Sabios. *En esta Corte hay cinco Gremios mayores y cosa de sesenta menores que comprehenden los ramos del comercio*».

[3] REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: *Diccionario de la Lengua Española*, Unigraf S. L., Madrid, 1992, (21.ª). «Gremio. 1. (Del lat. *Gremium*.) m. desus. Regazo. / 2. p. us. Unión de los fieles con sus legítimos pastores, y especialmente con el Pontífice Romano. / 3. desus. En las Universidades, el cuerpo de doctores y catedráticos. / 4. Corporación formada por los maestros, oficiales y aprendices de una misma profesión u oficio, regida por ordenanzas o estatutos especiales. / 5. Conjunto de personas que tienen el mismo ejercicio, profesión o estado social».

[4] M. MOLINER: *Diccionario de uso del Español*, Gredos, Madrid, 1998, (2.ª) «Gremio (del lat. *Gremium*, seno). 1 (ant.) m. Regazo. 2. Asociación de personas del mismo oficio o profesión. Tenían gran importancia en la Edad Media, en que estaban constituidos por todos los aprendices, oficiales y maestros de una profesión. Ahora, salvo en algunas denominaciones particulares, el nombre no designa una organización, sino un conjunto o una clase de personas que se dedican a la misma profesión: El gremio de hosteleros (de panaderos, de la construcción...). 3. A veces, en lenguaje informal, significa la clase de personas que hacen el mismo género de vida, que tienen los mismos gustos, etc.: Pertenece todavía al gremio de solteros. Tú y yo pertenecemos al mismo gremio».

gremios medievales[5]; las matizaciones inherentes a la dualidad básica profesional (corporaciones comerciales o artesanales); y los cambios debidos a las presiones políticas y sociales ejercidas sobre ellos para dinamizar o ralentizar la formalización corporativa. Además, todo ello inmerso en una dinámica de cambios históricos acelerados en los que tuvieron un especial protagonismo la génesis del capitalismo mercantil (mercantilismo), la aparición de la economía-mundo y la consolidación del Estado moderno.

Ante la imposibilidad de conjugar todas las variables —y otras muchas que se podrían aducir—, proponemos utilizar un modelo teórico de gremio que nos muestre la estructura y la dinámica corporativas, para, a partir de ellas, abordar cuatro elementos sustantivos de la vida gremial como son: a) los aspectos económicos y técnicos que le servían de base y de distintivo; b) la función organizativa sobre una fracción social de tipo estamental que sufría un proceso de transformación traumática; c) las relaciones con el poder político local al que se hallaban directamente subordinadas; y d) el sustrato cultural en el que el factor religioso determinaba la mentalidad colectiva.

I

Propuesta de un «modelo» de gremio

Nuestro «modelo» pretende subsumir todas las características estructurales de las corporaciones de oficios, eliminando las peculiaridades corporativas y prescindiendo, únicamente por convención, de las especificidades de los gremios comerciales y de la terminología específica local o regional. Se trata por tanto de un esquema operativo dotado de un máximo nivel de generalización que lo haga aplicable a

[5] Por lo que se refiere a la Península Ibérica, se hace absolutamente preciso distinguir entre el ámbito de la Corona de Aragón (muy especialmente, los gremios barceloneses y valencianos) cuya potencia corporativa ha quedado demostrada en una riquísima documentación propia, y los territorios de la Corona de Castilla, cuyos gremios carecieron de una auténtica y profunda vida colectiva, entendiendo por ello propiedades corporativas, economía significativa, actividad social relevante más allá de la asistencia a manifestaciones cívicas y cierta capacidad de intervención en la vida local. Citamos cuatro referencias clásicas: A. de Capmany: *Memorias históricas sobre la marina, comercio y artes de la antigua ciudad de Barcelona*, 4 vols., Imprenta Antonio de Sancha, Madrid, 1779-1792; J. de Contreras y López de Ayala (Marqués de Lozoya): *Los gremios españoles*, Ministerio de Trabajo, Madrid, 1944; Marqués de Cruilles: *Los gremios de Valencia. Memoria sobre su origen, vicisitudes y organización*, Imprenta de la Casa de Beneficencia, Valencia, 1883; J. Uña Sarthou: *Las asociaciones obreras en España. Notas para su estudio,* Establecimiento tipográfico de G. Juste, Madrid, 1900; y, como un contrapunto o matización posterior, a J. M. Monsalvo: «Solidaridades de oficio y estructuras de poder en las ciudades castellanas de la Meseta durante los siglos xiii al xv (aproximación al estudio del papel político del corporativismo artesanal)», en *El trabajo en la Historia*, Ediciones Universidad, Salamanca, 1996, pp. 39-90. La visión puede ampliarse con la selección bibliográfica posterior.

3.1. Azulejos de Manises (s. xv) con emblemas gremiales valencianos: *a) Gremio de pelaires: carda con orla formada por medias hojas de cardo; proceden del derribo de la sede social en Valencia. Museo de Artes Decorativas, Madrid. b) Gremio de pasamaneros: se observa el alma de la borla en madera, aún sin forrar; el gremio perteneció al colegio de arte menor de la seda, en el que estaban hermanados los cordoneros, botoneros y fabricantes de medias de seda. Museo Nacional de Cerámica «González Martí», Valencia.*

una mayoría de las corporaciones existentes en los reinos hispanos peninsulares durante la segunda mitad del siglo xv y la totalidad del xvi.

Definiremos al gremio como una institución profesional nucleada en torno a una actividad laboral específica, organizada de acuerdo con un reglamento profesional[6], una normativa que había sido concedida en última instancia por el poder regio, aunque era fiscalizada directamente por los cabildos seculares[7] de la localidad donde se ubicaba, y que había sido dotada de unos órganos de dirección que dirigían al colectivo en su vida interna y lo representaban ante las autoridades políticas.

[6] Los reglamentos gremiales pueden aparecer con formas diplomáticas diferentes y de variada jerarquía: Ordenanzas municipales, Ordenanzas gremiales, Concordias. Vid. J. Arroyal Espigares y M. T. Martín Palma: *Ordenanzas del Concejo de Málaga*, Imprenta de la Universidad, Málaga, 1989.

[7] Cabildo, concejo secular, regimiento y ayuntamiento son unos términos que, casi indistintamente, se aplican a las corporaciones municipales de las edades Media y Moderna y que eran la columna vertebral del gobierno del Estado. Es importante tener muy presente que los cargos (oficios) municipales de los regidores y jurados (que corresponderían, *mutatis mutandis*, a los actuales concejales) eran patrimonio de sus poseedores y transmisibles por juro de heredad, por lo que tenían la misma consideración patrimonial que las tierras, la casa o el caballo del regidor, lo que confiere al funcionamiento municipal una dinámica específica que no podemos abordar en este trabajo. Síntesis y bibliografía en S. Villas Tinoco: *Estudios sobre el cabildo municipal malagueño en la Edad Moderna*, Excma. Diputación Provincial, Málaga, 1996.

La normativa gremial depende de múltiples factores, pero en general contiene artículos de carácter específico para cada actividad, regula el acceso al oficio, alude al régimen laboral, se detiene con profusión en las cuestiones relativas a la materia prima, el control de la producción y la venta del producto, estipula la defensa de la corporación ante terceros y define la forma de elección, funciones y cometidos de las autoridades gremiales.

La estructura profesional y jerárquica interna de cada oficio estaba conformada por tres categorías netamente diferenciadas entre sí: maestros, oficiales y aprendices, tres estadios que correspondían al nivel de habilidad técnica que cada individuo debería obtener mediante muchos años del ejercicio, continuado y repetitivo, de una actividad laboral específica. Comenzando por la base, el aprendiz «tipo» sería un niño de corta edad, puesto por su familia al servicio de un maestro sin limitación de tiempo ni de ocupación, que tras un lapso muy variable[8] alcanzaba la categoría de oficial[9], un estadio intermedio en el que permanecía *sine die* hasta que se examinaba ante las autoridades gremiales y municipales y, tras demostrar su habilidad técnica y pagar unos derechos de considerable cuantía, obtenía el título de maestro[10], un documento oficial que le autorizaba a abrir su propio taller, aunque podía seguir trabajando con su maestro.

Y a partir de ese momento procesal recomenzaba el ciclo, que reproduciría y perpetuaría el sistema. Teóricamente, el *cursus honorum* descrito era totalmente abierto y tan solo la falta de habilidad personal —o la muerte— podría impedir que todo aprendiz alcanzase la categoría máxima.

---

[8] El aprendizaje duraba entre dos y ocho años (con la cifra modal de 3-4 años), en función de la dificultad y la categoría social del oficio. Durante ese lapso los aprendices eran tratados como criados al servicio de la casa, actividad con la que se ganaban la comida y la cama, que compartían con los hijos del maestro, sin que al parecer recibiesen un trato muy diferente. Las circunstancias del trabajo doméstico no aparecen normalmente, pero son conocidas por contratos de aprendizaje correspondientes a hijos de familias «de calidad», unos caros y prolijos documentos notariales en los que se excluían taxativamente las tareas domésticas, al tiempo que se especificaba el tiempo de aprendizaje.

[9] El oficial era un trabajador al que se consideraba cualificado para trabajar a las órdenes de un maestro, por cuya actividad recibiría un estipendio variable y acordado entre las partes. Podía seguir viviendo en la casa-taller de su maestro o emanciparse, e incluso contraer matrimonio fundando su propio hogar y familia aunque sin abrir taller independiente, salvo que recibiese una autorización especial del concejo con la limitación teórica de «por el tiempo en que proporciona su examen».

[10] El examen apareció en época bastante temprana (finales del XIII) y consistía en una serie de preguntas y repreguntas sobre su actividad laboral que le efectuaban los maestros examinadores. El aspirante, tras ejecutar una pieza de especial dificultad (la obra maestra), recibía su título expedido por un escribano de número y refrendado por las autoridades municipales, un documento oficial que le acreditaba para ejercer su profesión y abrir su taller tanto en la ciudad de emisión como en el resto de las ciudades del reino, aunque esto último podía comportar ciertas dificultades y retrasos, normalmente resueltos a su favor por los concejos.

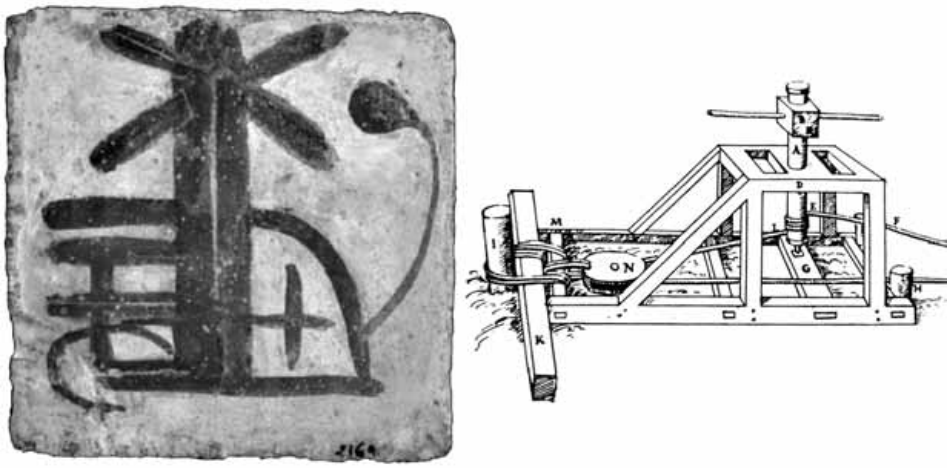
La maestría implicaba la posibilidad —o la obligación— de integrarse en el gremio correspondiente, pudiendo ser elegido como directivo de cada corporación, formando parte de un comité restringido que estaba constituido por individuos significados[11], cuyo número y funciones variaban según la potencia corporativa. La importancia de cada agrupación estaba en relación con la materia prima de la actividad y su incidencia en la economía general de la ciudad, de tal forma que aquellos artesanos que trabajaban el oro, la plata y la seda (a veces, también la lana) podían alcanzar la categoría de «Arte» (mayor o menor), lo que implicaba la obtención de una serie de sinecuras económicas y de prebendas sociales.

Los directivos gremiales eran los únicos interlocutores válidos de la corporación ante el concejo municipal en temas de normativa, fabricación, materia prima, precio, calidad, exportación, fiscalidad y fiestas cívicas, lúdicas y militares, recibiendo un trato preferente durante las celebraciones, aunque esta consideración estaba en relación con el resto de los agremiados y dentro del contexto social estamental de la época.

Como es lógico, el modelo descrito ha debido obviar una serie de factores y de circunstancias que en última instancia eran los que marcaban la vida cotidiana de las corporaciones de oficios, estableciendo la distancia entre la teoría y la praxis. Estos elementos determinantes, externos a la organización gremial, fueron factores políticos y económicos, aunque tampoco cabe desconocer los efectos de las tensiones intra e inter corporativas. Precisamente por ello, en los siguientes apartados analizaremos aquellas circunstancias que marcaban la diferencia entre lo que «debía ser», es decir, el plano jurídicoteórico. y lo que «era», que correspondía a la dura y difícil realidad cotidiana.

Para finalizar este primer apartado debemos significar, para tenerla siempre muy presente, una realidad innegable que estuvo vigente a lo largo de toda la vida de las corporaciones; y es que el trabajo agremiado se circunscribía a las ciudades y, aun así, incluso en muchas de ellas eran más los talleres y oficiales que trabajaban por libre que los que se hallaban reunidos y formalizados en las diferentes corporaciones de oficios. Este condicionante se transformó en un elemento esencial cuando aparecieron las relaciones económicas protocapitalistas, pues los maestros y oficiales no agremiados (al igual que los campesinos durante el obligado paro por la estacionalidad del trabajo agrario) se transformaban en una mano de

[11] La terminología para designar a las autoridades gremiales es muy variada y no aparecen claramente definidas las atribuciones y responsabilidades específicas para cada una de las denominaciones, mientras que un mismo nombre tiene diferentes cometidos en organizaciones o espacios geográficos distintos: Alamines, Alcaldes, Clavarios, Cónsules, Examinadores, Hombres buenos, Jurados, Mayorales, Mayordombres, Mayordomos, Priores, Prioste, Prevoste, Prohombres, Sobreposats, Veedores, Vigarios. Unas denominaciones eran más específicas de las corporaciones de oficios y otras de las cofradías, pero no parece que hubiese una separación taxativa tampoco en esta cuestión.



3.2. Emblema del gremio de los calafateadores de barcas de Valencia: *es un cabrestante (azulejo de Manises, s. XV; Museo Nacional de Cerámica «González Martí»). Ergate o cabrestante, según* Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas *(manuscrito anónimo, fol. 146r; siglo XVI, Biblioteca Nacional de Madrid).*

obra asalariada que desvirtuaba por completo el sistema gremial, llevándolo finalmente a su desaparición.

II

Aspectos económicos del mundo gremial

Iniciar el análisis de los aspectos gremiales por la economía parece que no necesitaría justificación por su misma evidencia, pero como a veces lo más obvio se nos escapa y los estudios sobre el tema han tendido a insistir en sus aspectos institucionales, quizá convenga recordar que el trabajo artesanal estable fue un resultado colateral de la Revolución Neolítica[12] y que la organización de la producción y la disciplina de los trabajadores fueron dos de las necesidades básicas que justificaron la aparición de las protoformas del Estado.

Nuestro acercamiento a la economía de las corporaciones de oficios se hará tras una serie de consideraciones básicas, a partir de las que pasaremos a ampliar el

[12] Caso de que finalmente esta «Primera Revolución Económica», uno de los hitos fundamentales de la evolución humana, no quede reducida a un mito que durante un siglo sirvió para presentar como triunfo de la inteligencia, del ingenio y de la tenacidad humanas lo que pudo ser la primera catástrofe ecológica provocada o, con mayor probabilidad, el resultado de una angustiosa estrategia de supervivencia más que un logro de la previsión de futuro de la humanidad prehistórica. S. Villas Tinoco y F. Montiel Torres: *Historia, Ciencia y Tecnología*, Universidad, Excmo. Ayuntamiento y Colegio de Ingenieros Industriales Técnicos, Málaga, 2000.

campo de análisis. La primera de estas premisas esenciales es la afirmación de que era el taller —y nunca el gremio— la célula básica de producción, por lo que el segundo era solo una superestructura organizativa, convenida o impuesta, que se sobreponía a la producción material de bienes y servicios. En segundo término debe recordarse que los gremios medievales surgieron y tuvieron su primitivo desarrollo en un contexto material e ideológico determinado: una época en que la economía presentaba escaso dinamismo, la demanda era muy poco elástica, el beneficio se supeditaba al concepto religioso del «precio justo» y la financiación era penalizada por el mandato, teóricamente ineludible, del *Pecunia pecuniam non paret*. Es decir, que el préstamo solo podía ser una ayuda moral y nunca debería producir beneficio material al prestamista. Por expresarlo lisa y llanamente, una época precapitalista en la cual los principios de justicia distributiva y ayuda mutua deberían primar sobre la aspiración, tan antigua y tan humana, de obtener la riqueza y el bienestar que esta procura.

De lo anterior se deducen varios corolarios que abordaremos de forma somera. Los factores de producción: la materia prima, el trabajo y el capital estaban muy en relación con la capacidad económica (personal o familiar) de cada maestro, por lo que en general representaban un montante muy reducido. Así, la materia prima era adquirida en función de la demanda puntual (generalmente muy contenida), y era frecuente que varios maestros adquiriesen conjuntamente el material básico que precisasen para su producción individual. Por ejemplo, varios zapateros podían adquirir una corambre, que se repartían en función de su respectiva aportación, para transformarla individualmente en aquellos chapines o borceguíes que les habían sido encargados por sus particulares clientes.

El capital fijo era de escasísima cuantía (estando formado por las herramientas de trabajo, que en buena parte estaban fabricadas por el propio artesano) y la producción del taller dependía exclusivamente de la demanda (dada la imposibilidad económica de almacenar el producto), por lo cual las necesidades financieras se limitaban a lo preciso para adquirir la materia prima, pagar el salario de los oficiales y mantener la familia del maestro. Como a pesar de ello la carencia de capitales constituía un problema general, fue para afrontar esta cuestión para lo que apareció una primera función económica de la corporación, que podía adquirir materia prima en mayores cantidades, obteniendo precios más ventajosos, para distribuirla posteriormente en función de las necesidades de los talleres, e incluso demorar el cobro hasta que los maestros hiciesen su trabajo y les fuese pagado[13].

[13] Los gremios comerciales se movían en otra escala económica más elevada y compleja, estando mucho más cercanas a las instituciones financieras en las que en ocasiones llegaron a transformarse, como ocurrió en el caso paradigmático de los Cinco Gremios Mayores de Madrid, aunque ocurrió ya en el siglo XVII. M. CAPELLA y A. MATILLA TASCÓN: *Los cinco Gremios Mayores de Madrid. Estudio histórico-crítico*, Cámara de Comercio, Madrid, 1957.

Esta aplicación del principio racional e intuitivo de que «la unión hace la fuerza» resultaba válida para el contexto material e ideológico bajomedieval, pero *in nuce* ya contenía un germen de descomposición interna que aparecería a finales del periodo con la producción dispersa conocida como *Verlag system*, un novedoso sistema productivo protocapitalista y antigremial que evolucionaría en la Edad Moderna hasta desembocar en el *Domestic system* y el *Putting out system*[14], que algunos historiadores de la economía consideran como la base o, incluso, como la protoindustrialización misma.

No obstante lo anterior, en el Renacimiento existieron corporaciones de oficios cuya importancia económica estaba muy por encima de lo anteriormente descrito, como eran las denominadas Artes mayores y menores —a las que ya hemos aludido—, y cuya característica común era que la materia prima con la que trabajaban resultaba esencial para la política económica de la monarquía o para la economía de la población. Nos referimos a los orífices, los batihojas o los plateros, cuyo material básico era el oro y la plata[15], y a las artes de la seda o de la lana, que tuvieron una considerable importancia en Andalucía y Levante, las primeras, y en Castilla, las segundas, detentando en ambos casos un peso muy considerable en las economías nacional y/o regional de la época[16].

En estas asociaciones productivas más importantes, evolucionadas y escasas, la relación económica entre el arte y sus maestros era mucho más compleja y pro-

[14] En síntesis, estas tres formas de la producción artesanal (que no dejan de ser tres estadios evolutivos de una misma realidad económica) implican que unos pequeños comerciantes capitalistas (los *verlager*) suministraban la materia prima a los campesinos para que estos, en los tiempos muertos que dejaban las tareas agrícolas, transformaran el hilo en un tejido basto que era retirado por el promotor, quien les pagaba en especie. El producto era perfeccionado en los talleres gremiales y el sistema en su conjunto implicaba una disminución de los costos de producción, pero a medio y largo plazo terminó por transformar a los maestros y oficiales de los talleres gremiales en simple mano de obra asalariada por los comerciantes.

[15] Debemos significar que se trataba de una época de «moneda-mercancía» en la que los medios de pago de tipo escritural (las letras de cambio) no se habían generalizado, y mucho menos aún se admitía su endoso bancario; y cuando aún no existía el dinero fiduciario, por lo que la cantidad total de oro y plata (los únicos metales liberalizadores de deudas) era determinante del tráfico mercantil nacional e internacional y, en consecuencia, también de la economía y de la política de los reyes. Información sobre el tema monetario en P. Vilar: *Oro y moneda en la Historia*, Ariel, Barcelona, 1984.

[16] F. Bejarano Robles: *La industria de la seda en Málaga durante el siglo XVI*, CSIC, Málaga, 1951. B. Bennassar: *Valladolid en el siglo de oro. Una ciudad de Castilla y su entorno agrario en el siglo XVI*, Excmo. Ayuntamiento, Valladolid, 1989. V. Carretero Rubio: *La artesanía textil y del cuero en la provincia de Málaga (1485-1525)*, Excma. Diputación Provincial (CEDMA), Málaga, 1996. I. Fortea Pérez: *Córdoba en el siglo XVI. Las bases demográficas y económicas de una expansión urbana*, Monte de Piedad y Caja de Ahorros, Córdoba, 1981. P. Iradiel Murugarren: *Evolución de la industria textil castellana en los siglos XII-XVI*, Universidad, Salamanca, 1974.

funda[17], como igualmente lo era el peso de las propias corporaciones en el contexto político local, pues sus dirigentes podían llegar a alcanzar un cierto *status* que les permitía integrarse en la burguesía ciudadana. Aunque los aspectos sociales los veremos con posterioridad, los citamos ahora para dejar establecido que la economía capitalista iba adquiriendo carta de naturaleza como factor importante en las relaciones políticas y sociales.

La fiscalidad estatal y local, así como los repartos y derramas a que debían hacer frente los agremiados en tanto que súbditos de la monarquía, ciudadanos de los cabildos y fieles cristianos e hijos devotos de la Iglesia (aunque sean aspectos relacionados con otras facetas que abordaremos en apartados posteriores), eran también actividades económicas a la que los gremios prestaban su máxima atención por un doble motivo. En primer término por ser una tarea esencial de la corporación, una de las razones por las que el poder les había concedido un rango y un status diferenciado, ya que, recordamos, no todas (ni siquiera la mayoría) de las actividades estaban agremiadas, pues tan solo lo lograban aquellas que, por su potencia cuantitativa e interés material, suscitaban la atención de los cabildos y, consecuentemente, del Estado.

En segundo lugar porque el reparto, cobro y administración de la contribución gremial constituían una fuente potencial de recursos dinerarios —siempre escasos para las necesidades de la economía y aún más para la política del Estado—, que podían ser manejados en interés no necesariamente del colectivo profesional sino tan solo del grupo dirigente. Porque la tenencia temporal del montante fiscal cotizado transformaba a sus gestores en interlocutores privilegiados con aquella burguesía ciudadana en la que aspiraban a incardinarse, si es que no procedían de grupos familiares ya previamente asentadas en la oligarquía local.

Las cantidades que llegaba a guardar y administrar una corporación estaban en función de la materia prima, del volumen de trabajo y del número de afiliados, y no correspondían tan solo a las obligadas aportaciones fiscales, sino que devenían de una serie de actividades políticas, religiosas, sociales y lúdicas a las cuales contribuían los gremios mediante derramas realizadas entre los maestros, además de diversos pagos derivados de la actividad gremial como eran los pleitos generados por la defensa de los intereses corporativos ante las diferentes instancias oficiales, muy especialmente por los conflictos intergremiales para la delimitación de los ámbitos de la actividad privativa.

[17] De hecho las Artes mayores eran casi las únicas asociaciones productivas que estaban constituidas como empresas capitalistas con almacenes para acopiar materia prima y retener productos elaborados, dotadas de sistemas de compra y capacidad de financiación y con una mentalidad económica mucho más abierta a la admisión de novedades técnicas o de organización empresarial. Abundantes en la Corona de Aragón, en Castilla eran casi desconocidas. Un estudio específico el de G. NAVARRO: *El despegue de la industria sedera en la Valencia del siglo XVI*, Consell Valencià de Cultura, Valencia, 1992.

Porque una de las características esenciales de la producción artesanal —lo que la diferencia del trabajo industrial— es que, generalmente, los artesanos tomaban la materia prima y la transformaban directamente en el producto final. Pero ello no siempre sucede así, y hay procesos productivos en los que el material en bruto debe pasar por diversas fases de preparación previa para obtener la materia prima utilizable. Igualmente existían actividades que exigían una cierta especialización en sus estadios intermedios. En tales casos se podía dar lugar a la formalización de gremios diferenciados[18], que muy pronto entablaban entre sí una competencia feroz; en el fondo, estos pleitos no tenían tanto un carácter económico cuanto social, aunque las consecuencias financieras eran terribles por el costo ingente de los litigios, que podían arruinar a las corporaciones y a los maestros que en ellas intervenían.

La gestación y control de la reglamentación técnico-productiva era una cuestión básica de la acción gremial, teniendo un interés económico que trascendía ampliamente a la materialidad del hecho productivo, porque se incardinaba en un tema crucial para el interés de este curso como es la evolución de la técnica artesanal. Un elemento cenital de toda normativa gremial era la calidad: «la obra bien e fielmente hecha», por lo que las especificaciones alcanzaban una precisión y minuciosidad increíbles[19], que estaban en función del precio del producto final y del peso específico de la actividad productiva en la economía local.

La base argumental de los reglamentos gremiales se halla en íntima relación con la ideología religiosa[20], hipervalorando lo tradicional hasta el punto de que

[18] El subsector textil es un ejemplo (clásico pero no único) de esta afirmación, pues el material de base (seda, lana, lino, algodón, otras fibras textiles) sufre diversas manipulaciones antes de transformarse en la materia prima a tejer (el hilo), dando lugar a los oficios de hiladores y cardadores. Y tras el tejido debe procederse al acabado, lo que implica a tejedores, tundidores, tintoreros y otros; en el de la madera aparecen los carpinteros «de lo blanco», «de lo grueso», vigoleros, carreteros, etc.; en el subsector del cuero se diferenciaban los curtidores, zurradores, zapateros «de lo primo» o «de lo viejo», chapineros, etc. Los ejemplos podrían ampliarse casi *ad infinitum* y la mayor o menor diferenciación estaba casi siempre en función directa de la importancia demográfica y económica de cada ciudad.

[19] Como ejemplo *ad hoc*, para los paños se determinaba el número y grosor de los hilos que compondrían la trama y la urdimbre según la calidad final del producto. Ejemplos locales en R. Córdoba de la Llave: *La técnica medieval en Córdoba*, Caja Provincial de Ahorros, Córdoba, 1990. Igualmente se aprecia en los reglamentos de orífices y plateros que han originado muchos estudios al respecto, de los que seleccionamos dos: R. Sánchez-Lafuente Gémar: *El Arte de la Platería en Málaga. 1550-1800*, Universidad, Málaga, 1997; F. Valverde Fernández: *El Colegio-Congregación de Plateros cordobeses durante la Edad Moderna*, Servicio de Publicaciones de la Universidad, Córdoba, 2001.

[20] El fundamento de todo Poder y de toda Autoridad era la divinidad y Dios, principio de todas las cosas, era anterior a la Creación y por lo tanto el Ser más antiguo que podía concebir la mente humana. Como una consecuencia lógica, la antigüedad y la tradición eran valores en sí mismas puesto que se asemejaban a una característica divina. Por ello no puede extrañar la conformación (interesada, por otra parte) de una sociedad tradicionalista en la que toda innovación era vista con

mantener a ultranza no ya la materia prima y las técnicas de manipulación, sino incluso las medidas de los productos, desembocó en unas situaciones que iban en detrimento de los intereses económicos del gremio. Esta circunstancia específica aparecía cuando la moda —cuya pulsión era menos evidente que ahora, aunque siempre estuvo presente en la producción y en el comercio— demandaba un producto especial que contravenía abiertamente la norma imperante. En estos casos, graves tanto en el plano material como el ideológico, la disyuntiva se solventaba mediante subterfugios que formalmente y *de iure* mantenían la tradición, aunque *de facto* se toleraban las transgresiones a la norma[21] con el fin de mantener el dinamismo económico y la paz social.

Resulta evidente que la tradición productiva era enemiga acérrima del progreso técnico (más aún porque cualquier novedad era vista con reserva cuando no con franca hostilidad), por lo que no sería lógico pensar que en el seno de estas agrupaciones formalizadas se tomase ningún tipo de decisión de carácter innovador. Como argumento de peso se puede aducir que la imprenta, una novedad por excelencia pese a los precedentes xilográficos, no se agremió en ningún país de Europa y la razón financiera que se ha aducido para ello, aunque no carezca de virtualidad, no resulta determinante (al menos, en nuestra opinión), debiéndose tener presentes otros elementos de carácter mucho más ideológico[22], tanto religiosos como políticos.

Mayor interés al respecto presenta el hecho de que la concesión de privilegios para uso y fabricación de ingenios novedosos[23] se hiciese siempre *ad personam* y nunca a favor de una corporación, un argumento que tiene, al menos, dos interpre-

recelo, hasta el extremo de acuñarse el término peyorativo de «novator» (amigo de novedades), que llegó a constituirse en una descalificación absoluta y que tuvo importancia decisiva en la ciencia y la técnica hispanas.

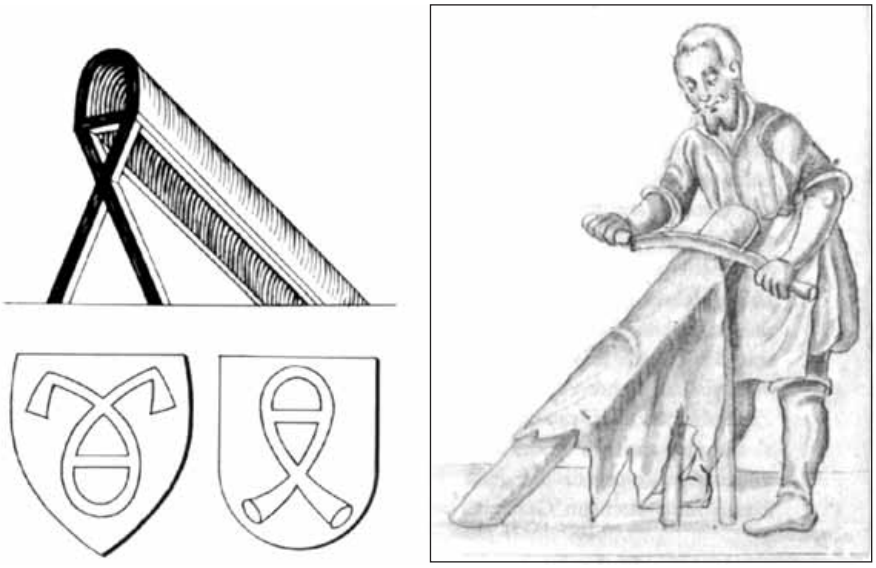
21 Un caso paradigmático estudiado personalmente por nosotros fue el conflicto generado por la demanda de los arquitectos y alarifes que reclamaban tejas cuyas dimensiones no concordaban en absoluto con las ordenanzas del barro de la ciudad de Málaga. Como las piezas fabricadas según norma no tenían salida y la prohibición de cocer las piezas solicitadas llevaba a un desabastecimiento que perjudicaba al común, el cabildo permitió que se cociesen las tejas nuevas, pero multando cada pieza como transgresión a la inmutable normativa. Así se conseguían tres beneficios: mantener incólume la vigencia y autoridad de la Ordenanza, abastecer la creciente demanda ciudadana y crear, *de facto*, un nuevo arbitrio para las siempre exhaustas arcas concejiles.

22 Si bien debemos reconocer que el conflicto de los «novatores» se planteó crudamente en el siglo XVII, consideramos que los fundamentos ideológicos del enfrentamiento tradición *versus* innovación hunden sus raíces en los planteamientos y diatribas que se manifestaron en el Renacimiento, e incluso quizá en épocas críticas anteriores.

23 N. García Tapia: «Los orígenes de las patentes de invención», en *Historia de la Tecnología en España*, Vol. I, pp. 89-96. J. Odón Ordóñez: «Los mecanismos de la Innovación: la invención y los sistemas de patentes», en *Arbor*, CXLII, 558-559-560, 1992, pp. 253-270. P. Sáiz González: *Invención, patentes e innovación en la España Contemporánea*, Ministerio de Industria y Energía, Madrid, 1999.

taciones que en absoluto son contrapuestas sino más bien complementarias. En primer término es evidente que los inventores siempre intentan beneficiarse personalmente de su ingenio, sin que en ningún caso aparezca una corporación que los apoye o en cuyo nombre se presente la novedad, lo que significaría aprovechar la superior capacidad que tenía siempre lo colectivo sobre lo individual. Muy por el contrario, no faltan ejemplos en que las asociaciones profesionales se oponen a la concesión, aduciendo que se trata de una transgresión a la norma y la tradición y que la novedad que supone el invento acarrearía la ruina a los maestros que continuasen trabajando «como siempre se había hecho». En segundo lugar, la animosidad contra los cambios no era incongruente con el espíritu y la dinámica gremiales, que eran instrumentos creados para tiempos recios, para épocas de crisis material y social en las que era esencial mantener la convivencia pacífica, lograda mediante lo que se ha venido en denominar, coloquial pero gráficamente, «el reparto de la miseria».

Pero junto a los argumentos precedentes no puede esconderse la realidad de que tras el extremismo de todos los puntos referidos a la calidad se esconde un sistema de solidaridades interesadas de los grupos gremiales dominantes. La obra realizada según los reglamentos conllevaba la obligación de que los veedores la analizasen y tuvieran la capacidad de rechazarla en caso de observar anomalías de diverso tipo, impidiendo que pudiesen llevar el sello de calidad de la ciudad, lo que se traducía en una disminución o eliminación de la competencia. Como en tantas otras ocasiones, un argumento de pureza prístina esconde motivaciones espurias protegidas por la autoridad política.



3.3. Emblemas ingleses de curtidores. *Se muestra la herramienta de la que se obtiene la figura heráldica. Dibujo alemán (h. 1580) con un maestro trabajando sobre la misma herramienta.*

III

Los gremios, la política y el poder municipal

Por lo que se refiere a las circunstancias políticas que afectaron a las corporaciones de oficios, hay que partir de la base de que los gremios eran instituciones; y como los historiadores del Derecho han demostrado fehacientemente, estas han sido siempre instrumentos del poder[24].

Durante el Renacimiento, el Estado moderno[25] iba adquiriendo carta de naturaleza en los países europeos occidentales, entre ellos los de la Península Ibérica; y las ciudades y los grandes pueblos, que en general tenían jurisdicción realenga, colaboraron con la monarquía en su pugna frente a la nobleza, aportando las milicias ciudadanas, cuya movilización decidían los cabildos municipales, que en esta época medieval aún tenían, al menos muchos de ellos, el carácter de «concejo abierto», lo que significa que en sus reuniones participaban todos los vecinos y no solo una elite de regidores como sucedería más tarde. Es en este contexto donde habría que situar la hipotética capacidad política gremial, si bien no cabe olvidar que, jurídicamente y en última instancia, el poder capitular era una concesión (una regalía) otorgada por el soberano como premio al apoyo recibido; y también debe tenerse presente que la participación de los diferentes ciudadanos estaba en función de su adscripción estamental y en cualquier caso acorde con la cuota de poder que lentamente obtenía la burguesía[26].

---

[24] Aquí y ahora no nos estamos refiriendo al Poder como concepto filosófico, ni tampoco diferenciamos entre formas esenciales como *Auctoritas*, *Potestas* e *Imperium*. Entendemos por poder una realidad política y operativa definida como la capacidad que tienen ciertas personas o grupos de ordenar o dirigir los comportamientos de otras personas o grupos en función de su voluntad e intereses, aunque, más sucintamente, creemos que el poder se puede definir como la capacidad de obligar.

[25] Denominamos Estado moderno a la evolución de la monarquía feudal (en la que el rey era simplemente un *Primus inter pares*) hasta alcanzar los estadios de monarquía preeminencial y autoritaria y que devendría en absoluta en el siglo XVII. En esa lucha por el poder y por la soberanía, los monarcas se apoyaron en las ciudades para someter a la nobleza (nunca para anularla ni mucho menos eliminarla); y en esas ciudades eran los vecinos los que formaban las milicias concejiles, a veces de base u organización gremial, los que luchaban junto al rey para obtener los privilegios ciudadanos, pues como decía un refrán de la época «el aire de la ciudad hace al hombre libre». De hecho, etimológicamente el término burgués se refería inicialmente al habitante del burgo, pueblo o ciudad.

[26] La reivindicación de la actividad política de las corporaciones artesanales se inició con la obra de Capmany citada en la nota 5, y la mitificación de los gremios como instituciones que detentaban funciones políticas determinantes en el gobierno de las ciudades es una herencia del romanticismo decimonónico, al que siguió un didactismo social interesado que idealizó las corporaciones artesanales presentándolas como un marco ordenado de serena convivencia, un mensaje creado por la publicística antimaterialista surgida de la interpretación de las encíclicas papales por el pen-

A fines del siglo XV e inicios del XVI, el momento esencial del florecimiento gremial como ponen de manifiesto los estudios serios sobre el tema[27], tuvo lugar la transformación general de los viejos oficios reglados en nuevos gremios formalizados, un cambio que en nada venía a favorecer la capacidad política de los artesanos puesto que era debido al control de todas las actividades ciudadanas que preconizaba el Estado moderno[28].

Para el desarrollo del proyecto municipalista se dieron tres tipos de normativa: la propia y estrictamente concejil[29], la general sobre producción artesanal[30] (que ninguna de ellas centra nuestra atención en ente estudio) y las ordenanzas gremiales específicas, que al corresponder a muy diversas épocas y modelos de regulación fueron recopiladas a partir de una Orden de Carlos I[31], y en la mayoría de las ocasiones incluidas en las Ordenanzas Municipales que se redactaron o modificaron en esta época.

Esta regulación profesional, que es lo que consideramos más específicamente gremial durante el Renacimiento, ya se fundamentaba en la soberanía regia y surgió por iniciativa municipal, teniendo como primer objetivo organizar la convivencia ciudadana y no salvaguardar los intereses profesionales, al menos no más allá de los aspectos que pudieran incidir en el abastecimiento ciudadano, una cuestión esen-

samiento social cristiano. Una síntesis, en la «Introducción» al libro de P. MOLAS RIBALTA: *Los gremios barceloneses del siglo XVIII. La estructura corporativa ante el comienzo de la revolución industrial*, Confederación de Cajas de Ahorros, Madrid, 1970. El mito gremial retornó posteriormente en momentos de glorificación de un pasado imperial que se presuponía esplendoroso. J. L. DÍEZ GUTIÉRREZ O'NEIL: *Los gremios en la España Imperial*, Aldecoa, Madrid, 1941.

27 La entronización de los Reyes Católicos debe considerarse como la charnela que distingue el periodo de la «persecución antigremial» generalizada en Castilla (que *mutatis mutandis* se corresponde con el periodo de las prohibiciones contra las cofradías del Reino de Aragón), con la época de la floración controlada de los gremios castellanos, de tal forma que entre 1470 y 1484 quedaron regulados los gremios de las principales ciudades del reino como eran las de Burgos, Sevilla, Toledo y Valladolid.

28 Al mismo tiempo, y aunque en principio pueda parecer contradictorio, la transformación también está relacionada con un nuevo modelo municipalista donde el poder ciudadano quedaba repartido entre la representación real (el corregidor) y la autoridad local (los regidores), que por entonces aún lo eran «por el tiempo de la voluntad de Su Majestad», aunque pasarían a ser vitalicios, terminando en que la nobleza y burguesía locales llegarían a patrimonializar estos cargos ya durante el mismo siglo XVI.

29 Serían las Ordenanzas municipales que venían a ordenar políticamente los territorios incorporados a la Corona en Andalucía y los descubrimientos en América, así como la puesta al día y la transformación paulatina de los viejos fueros y cartas pueblas, cuya virtualidad y operatividad había sido superada por la evolución histórica de las poblaciones.

30 Entre la que cabe destacar la Orden General de Paños, datada en Granada a 15 de septiembre de 1500.

31 S. VILLAS TINOCO: «Las Ordenanzas Municipales Malagueñas de 1611 (I)», *Baetica*, 4, 1981, pp. 265-272.

3.4. Punzones de maestros plateros castellano-leoneses del siglo XVI. *Arriba, punzones con nombre, abreviatura e iniciales: Antonio Borrego (documentado entre 1559 y 1573), Juan Pacheco (doc. 1579-1594) y Rodrigo Alonso (doc. 1573-1578). Debajo, punzones con símbolos parlantes: Cristóbal del Espinar,* ***Lope*** *Rosales,* ***S****ebastiá****N*** *de Olivares y* ***R****odrig****O*** *del Castillo.*

cial para mantener el orden público, que era el objetivo básico tanto del Estado como de los concejos. La necesidad de poner al día la reglamentación se evidencia en los mismos documentos, quienes con frecuencia confirman que muchos artículos (incluso normativas completas) se modificaban por estar basados en viejos ordenamientos medievales que habían quedado completamente desfasados y que no se adaptaban a las nuevas necesidades de una realidad política, económica y social en continua transformación.

Los nuevos reglamentos siguieron poniendo el mayor énfasis sobre la materia prima y en la forma de transformarla en producto elaborado, pero también fijaban los precios de venta y perseguían los «monipodios», como se denominan las coaliciones de maestros que encarecían los artículos de forma artificial. Igualmente fueron razones extragremiales las que ahora obligaron a los talleres a ubicarse en las calles establecidas por los concejos y confirmadas por el monarca, pues así la tarea de los sobrefieles era mucho más eficaz, al tiempo que se propiciaba el control fiscal de las actividades, que dos siglos después sería, con gran diferencia, la función gremial más apreciada por los gobiernos ilustrados.

Es rigurosamente cierto que las difíciles relaciones entre los concejos y los gremios ocupan muchos folios de documentación municipal, pero ello se debe en muy escasa medida a la capacidad (que era absolutamente nula) de las corporaciones de oficio para intervenir en la vida ciudadana. En realidad los conflictos estaban suscitados por unos intereses municipales que en diversa manera atentaban contra la organización gremial a la que continuadamente trataban de sustraer las escasas parcelas de autonomía que la reglamentación les había dejado. Hacer un listado con tales contenciosos se haría interminable (y tendría escasa utilidad), por lo que los sintetizaremos y analizaremos en función de tres tipologías diferentes.

La primera causa de problemas, la más antigua, frecuente y abundante estuvo motivada por los precios, las calidades y las condiciones de abasto de los productos de primera necesidad (muy especialmente, el pan y la carne), así como a la procedencia, que se presuponía poco lícita, de las prendas que vendían tenderos y ropa-

vejeros. Más tarde también se debe incluir en este epígrafe la cuestión de la regatonería, es decir, la venta al menudo de los productos perecederos que al final de la mañana quedaban en las tiendas del centro de la ciudad y que, al ser adquiridos al final de la jornada en los barrios periféricos, presentaban ya un lamentable estado de conservación que podía dar lugar a enfermedades y, por extensión, suponían un grave peligro de epidemias.

La segunda correspondió a la colisión de los intereses productivos con algunas rentas cedidas por la Corona como dotación de los Bienes de Propios y se produjeron muy especialmente en las poblaciones incorporadas del Reino de Granada, donde la capitalización regia del común incluyó tiendas y talleres que el cabildo arrendaba, prohibiendo la construcción de otros nuevos por los oficiales agremiados. Fueron un tema específico de esta época y no duraron más allá del primer tercio del XVI.

El tercer tipo de cuestiones tiene mucha mayor entidad y está en relación con las banderías municipales y los lazos clientelares establecidos con los prohombres y grupos de poder intragremiales. La patrimonialización de los cargos municipales fue propiciada por los insolubles problemas financieros de la Corona para sostener la política imperial en Europa, lo que, aparte de otras cuestiones esenciales pero que escapan al interés de esta ponencia, hizo que la creciente presión fiscal se canalizara, al menos en gran parte, hacia su gestión por los concejos municipales[32]. So capa de transparencia en la gestión en unos casos, o por imposición directa en otros, los regidores consiguieron convertir a todos aquellos oficios que ya habían sido formalizados como gremios en unos diligentes agentes fiscales mediante derramas globales por actividad.

Es fácil comprender que las corporaciones de oficios se resistieran inicialmente, sobre todo cuando la sobrepresión contributiva aumentaba de una forma desaforada y además sus efectos destructivos sobre la capacidad de supervivencia de los oficiales se veía incrementada por la creciente pulsión de la inflación, y por ello resulta más difícil comprender su conversión en agentes recaudadores. El mecanismo de convicción no es muy lógico pero sí resulta muy humano, pues los regidores terminaron por convencer a las autoridades gremiales de las ventajas que podrían sacar del nuevo método, sobre todo si se les permitía autoexonerarse de sus cuotas personales y repercutirlas sobre los maestros de los grupos no afines[33]. Estas son las

[32] En esta tesitura, los capitulares captaron muy rápidamente las grandes ventajas que a título personal podían obtener del nuevo sistema, como era la exoneración de sus propias obligaciones fiscales, lo que, junto a la exención legal de impuestos de que gozaban los privilegiados, produjo una sobrepresión fiscal para el pueblo llano.

[33] El conocimiento personal de cómo se distribuían las cuotas correspondientes a la «Evaluación global» de las empresas en los años 70 del siglo XX (por mi condición de gerente de una de ellas) me permite comprender mejor, *mutatis mutandis*, todo el ingente cúmulo de posibilidades de manipulación que se abrían ante las autoridades gremiales que determinaban el reparto, sobre todo si contaban con la aquiescencia, e incluso con la protección y el amparo, de un cabildo poderoso.

cuestiones reales que se esconden tras la continua manipulación capitular de las elecciones de los alcaldes y repartidores gremiales, elucubrando sin cesar nuevos sistemas para eliminar a los maestros disconformes y para sacar, una y otra vez, a los individuos más proclives al contubernio.

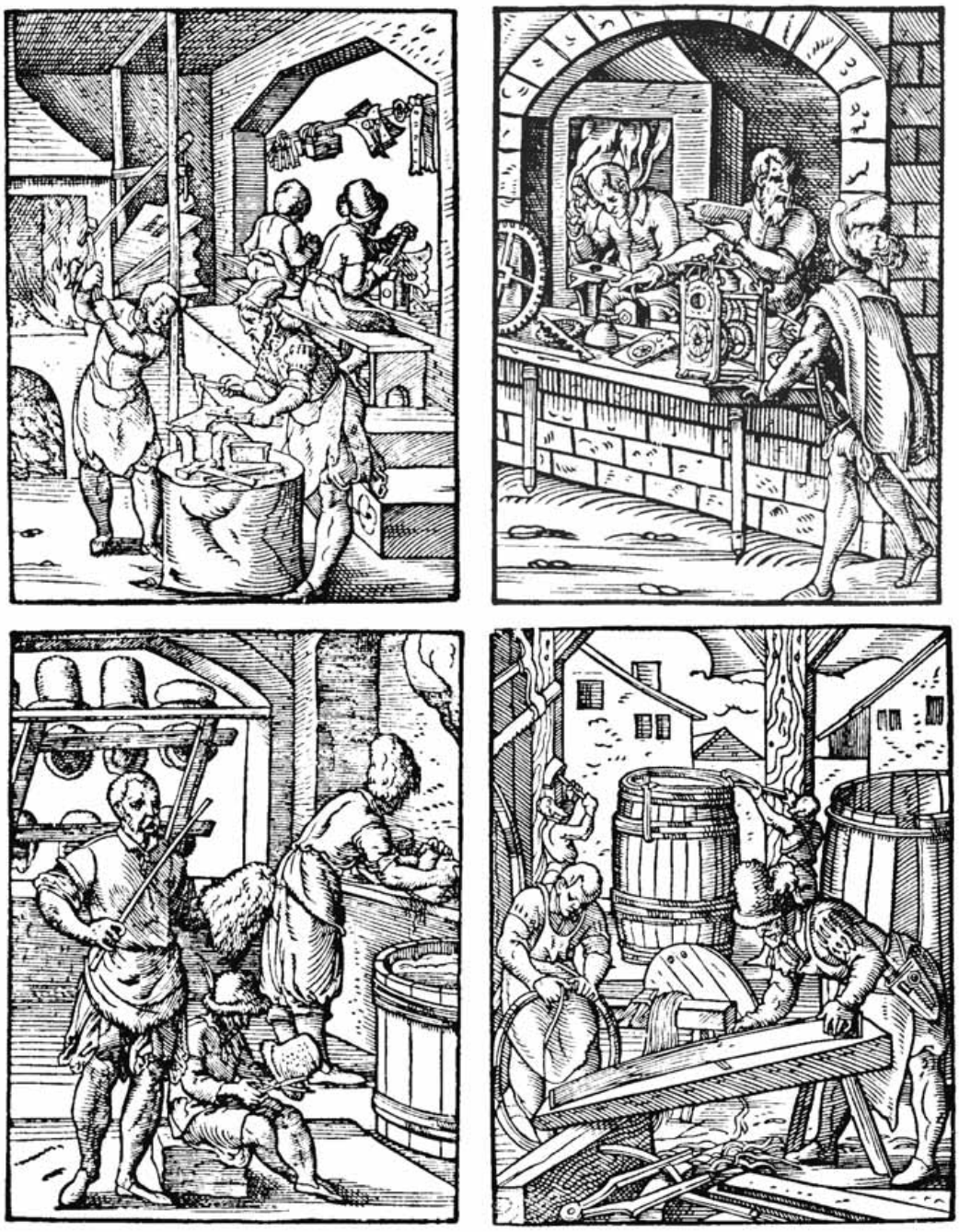
La cuestión, que ya de por sí era difícil, se complicaba aún más porque entre los regidores tampoco había unanimidad al respecto de los nombramientos y cada grupo capitular enlazaba con aquellos maestros que por diversos motivos pertenecían a sus respectivas clientelas sociales, con lo que las elecciones de algunos gremios —como es natural, aquellos que debían aportar unas contribuciones notables— se complicaban *ad infinitum*.

Estas pugnas se reflejaban en las actas capitulares como si fuesen problemas gremiales internos, cuando realmente se trataba de cuestiones de muy superior entidad y trascendencia. Por el contrario, en aquellos oficios cuyas cotizaciones fiscales eran de escasa cuantía el concejo se limitaba a darse por enterado de la normalidad habida en unas elecciones realizadas sin la menor alteración del orden, aunque los nombramientos, de una forma habitual también, recaían en una muy breve nómina de apellidos. En estos oficios de ínfima categoría, así como entre los cargos municipales de los pueblos, no es extraño encontrar las renuncias de los electos, personas que debían entregar su tiempo y su esfuerzo a la comunidad sin recibir prácticamente nada a cambio.

Como actividades regladas de carácter intragremial deben ser consideradas las asambleas anuales de las corporaciones, en cuyo transcurso los prohombres debían rendir cuentas ante el resto de los maestros de la gestión realizada durante el tiempo de su mandato. Pero, más allá de la normativa legal, pocas referencias nos llegan acerca de que tal control se llevase a debido efecto y las que aparecen se hallan en documentos referentes a pleitos intragremiales. Como es lógico, se alude a malversación de fondos y connivencias para aprobar las cuentas de una forma fraudulenta, no siendo en absoluto casual que en tales asambleas también tuviesen lugar las elecciones a las que aludíamos en un párrafo anterior, lo que cierra el círculo de la manipulación.

Incluso los casos de intrusismo profesional (que en principio pueden parecer una cuestión interna) se relacionan con el problema anterior porque los calificados como «intrusos» suelen ser maestros espurios que las diferentes banderías habrían tratado de incorporar al gremio para engrosar el bando de los afines a sus intereses.

Se puede afirmar con rotundidad que durante el Renacimiento hispano fueron muy escasos los ejemplos de gremios que consiguieron hacer frente victoriosamente a las cacicadas capitulares; y la afirmación de algunos estudiosos de las corporaciones de oficios en el sentido de que estos lograron frenar la prepotencia concejil tienen mucho más de hermenéutica identificativa que de fundamentación documental.



3.5. Herreros, relojeros, sombrereros y toneleros. *Enaltecimiento de profesiones relativas a sus artes mecánicas en el* Libro de las Profesiones*, Núremberg, 1568. Grabados de Jost Amman.*

IV

Funcionalidad gremial en la organización social

Antes de abordar los aspectos sociales en los gremios estimamos conveniente recordar que durante el Renacimiento la sociedad vigente en toda Europa era de tipo estamental[34], en la que cada hombre ocupaba un lugar social preciso en función de su nacimiento o de la recepción de órdenes sagradas. Los artesanos se ubicaban en el penúltimo lugar de la pirámide social, tan solo por delante de las minorías marginadas y únicamente una ínfima minoría (algunos más entre los comerciantes y financieros) se integraba en un grupo económicamente selecto (aunque no jurídicamente privilegiado), denominado burguesía, que mediante procedimientos indirectos iba obteniendo cierta cuota de poder en el gobierno de las ciudades, pero siempre por debajo del *status* de los nobles y de los oficiales reales.

Para hacerse una idea de la escala de valores sociales estamentales proponemos tres ejemplos, elegidos al azar entre una casuística interminable:

a) La igualdad entre los hombres no solo no era un valor aceptado sino que estaba rechazada por la ley y la religión, ya que la divinidad había creado desiguales a los hombres, a imagen y semejanza de como había organizado la corte celestial[35].

[34] La sociedad estamental se estructuraba en función de los tres órdenes medievales: *oratores, bellatores* y *laboratores*, cada uno de ellos con sus obligaciones y beneficios: orar, salvar almas, ser célibes y estar mantenidos (los eclesiásticos); defender, pagando el tributo de la sangre, y recibir tierras, poder y riqueza (la nobleza de espada); ser defendidos, alcanzar la vida eterna y mantener el sistema mediante su trabajo (el pueblo llano). A partir de esa base teórica, que era presentada como un correlato terrestre de la estructuración celestial, se conformaban dos grupos jurídica y efectivamente distintos: los privilegiados (nobleza y clero, ± 10%) y los no privilegiados (pueblo llano o Tercer Estado, ± 90%), siendo los privilegios económicos, políticos y sociales. El calificativo «privilegiados» no era peyorativo, sino jurídico-legal, y la aceptación mayoritaria de este ordenamiento social garantizó la estabilidad del sistema durante un milenio, produciéndose estallidos de violencia social solo en situaciones límite y sin cuestionar (casi nunca) el sistema. A partir del siglo XIII, en la parte superior del pueblo llano se fue conformando muy lentamente una minoría que empezó a detentar un poder económico creciente (la burguesía), que, al carecer de derechos políticos, en cuanto podía se integraba en el estamento de la nobleza, siendo conocida como nobleza «de toga» o «privilegio» frente a la tradicional «de sangre» o «espada». La denominación de los primeros deviene de los servicios jurídicos y/o económicos prestados a la monarquía para obtener el ennoblecimiento.

[35] En consecuencia, el concepto básico de democracia es absolutamente imposible de aplicar en esta época, pues era tan ajeno a los esquemas mentales establecidos como pudieran serlo el liberalismo o el sufragio universal. El calificativo «democrático» aplicado a cualquier institución medieval o moderna es un puro anacronismo, a pesar de que no es difícil hallarlo en algunos manuales e incluso en sesudas investigaciones de base.

b) El trabajo estaba absolutamente prohibido para los nobles, que incluso podrían perder sus privilegios en el caso (ciertamente muy improbable) de cometer tan execrable exceso[36].

c) Figuras esenciales de la historia del Arte como Miguel Ángel Buonarroti o Leonardo da Vinci tuvieron en su tiempo la condición social de simples artesanos, de personas que trabajaban con sus manos; y el segundo era más apreciado como un gran ingeniero inventor de máquinas de guerra que como pintor genial.

En este contexto, la función social encomendada a los gremios no podía ser otra que la de mantener el esquema estamental, la garantía de la paz social, rechazándose activamente todo individualismo y sometiendo la promoción personal a lo establecido por el ordenamiento tradicional, que en cualquier caso debería permanecer inmutable. Pero como los inteligentes mentores del sistema eran plenamente conscientes del poder de las pulsiones y anhelos humanos como la ambición, la jerarquía, el prestigio y la representatividad grupal, al estamento inferior se le permitía mimetizar los valores y los emblemas de la nobleza, estableciendo subcategorías internas que focalizaban las tensiones hacia el interior del estamento sin que trascendieran (esto, en la medida de lo posible) a la desestabilización del sistema.

La circunstancia anterior permite comprender mejor los grandes pleitos que se entablaban entre las corporaciones por cuestión de precedencia en las procesiones públicas, en las que los prohombres gremiales participaban luciendo las banderas y estandartes de su corporación, precediendo a todos los maestros y a la representación alegórica que costeaba colectivamente la actividad. Como es natural, los oficiales no podían participar en ellas puesto que carecían de la condición de maestros, que era la culminación de las aspiraciones sociales del artesanado.

Se ha interpretado como un signo de evidente cohesión profesional la agrupación de las actividades productivas en unas mismas calles, barrios y collaciones[37], costumbre que habría sucedido a la anterior ubicación por procedencias y que estaría en relación con el esquema de solidaridades básicas del sistema social que se ini-

[36] Esa proscripción se denomina técnicamente *dérogeance* y no se recuerdan casos de aplicación efectiva, al menos en la Edad Moderna. La riqueza era (en el sentido lógico aristotélico) «naturalmente» consustancial a la nobleza y debía proceder de las rentas señoriales o del botín de guerra. En el caso de que por alguna circunstancia un noble perdiese su fortuna, podría intentar recuperarla entrando al servicio de otro aristócrata pero nunca trabajando con sus manos (ni siquiera la tierra), pues como rezaba un adagio nobiliar «en la pobreza, la nobleza dormita, en el trabajo se pierde». Como es natural, siempre hubo nobles y eclesiásticos que intervinieron en negocios, fundamentalmente de carácter financiero, pero nunca actuaron de forma personal sino mediante personas interpuestas o «administradores».

[37] Esta opinión no es aceptada unánimemente, puesto que, como hemos mencionado, en el territorio castellano la reubicación de los talleres habría tenido lugar por iniciativa municipal y con la sanción de los Reyes Católicos, lo cual cuestiona su valor específicamente socioprofesional transformándolo en una imposición de carácter netamente político. Se trata de una más entre las diversas cuestiones peculiares que diferencian las trayectorias corporativas de las dos Coronas.

ciaba en la familia, continuaba con el trabajo y concluía en la parroquia, puesto que los horizontes mentales de ciudad, reino y estado entraban en la dimensión de la ideología política y estaban restringidos a los grupos sociales superiores.

Pero al aludir a la cohesión gremial debemos referirnos exclusivamente a la unión entre los maestros y, en todo caso, a una improbable comunidad de intereses de maestros y oficiales en la etapa más temprana, prácticamente inicial, de las asociaciones profesionales. Pero con el transcurso del tiempo y el cambio de la situación económica, la concentración del poder corporativo en los maestros y la restricción cada vez más acusada del acceso de los oficiales a la maestría, las tensiones intragremiales se agudizaron llegándose a formar en Barcelona «gremios de oficiales», unas asociaciones reivindicativas que, como es natural, fueron muy perseguidas por el poder establecido y que a veces han sido consideradas como antecedentes de las «trade unions» o sindicatos obreros.

No hay evidencias de reivindicaciones profesionales especificas en las revueltas tardomedievales habidas en los reinos peninsulares, pues todas presentan componentes específicas nobiliares y políticas. Pero el descontento social sí que se hizo patente en las agitaciones del siglo XVI, como las Germanías de Valencia y Mallorca de 1519 y las Comunidades de Castilla de 1520. El protagonismo gremial fue mucho más acusado en el caso de las Germanías, y aunque en ambos casos intervinieron multitud de factores políticos y económicos, es necesario resaltar la incidencia de la incipiente revolución de los precios, que creó tensiones intragremiales por la desvalorización de los salarios ante el impacto inflacionista.

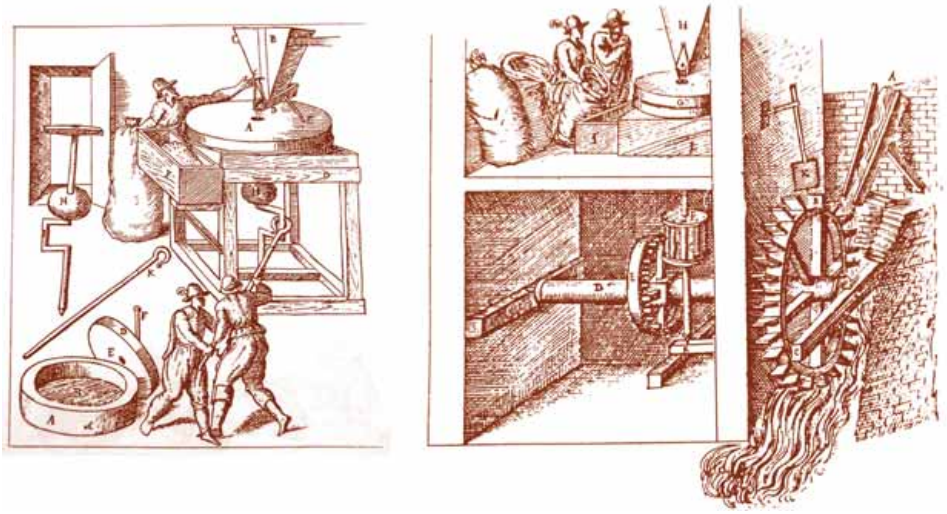
Pero salvo esos dos casos paradigmáticos y algunas otras crisis puntuales que pueden calificarse de meramente incidentales, cabe afirmar la ausencia de situaciones límite generalizadas en el conjunto de esta centuria, lo que puede estar en relación con las autorizaciones temporales concedidas por los cabildos a algunos oficiales para «abrir su taller en tanto se examinan». Estos permisos, que generalmente eran rechazados y a veces recurridos por los gremios, se acompasaban a las necesidades de la producción, constituyendo situaciones transicionales que actuaban como válvulas de seguridad para aliviar las tensiones sociales. En el siglo XV dichos permisos no fueron habituales, pero aumentan a partir del XVI en paralelo con las prebendas de exención del aprendizaje para los hijos de maestros y con el creciente proceso de oligarquización gremial, lo que parece indicar una simbiosis transaccional en las relaciones cabildo/gremio, en las que los primeros transigían con la arbitrariedad gremial aunque conservaban en sus manos los instrumentos para la pacificación popular en las coyunturas más críticas.

Cuestión diferente, aunque no menos traumática por trascender la interioridad corporativa para incardinarse en la vida política de la ciudad (a través de los grupos de interés existentes en toda comunidad organizada), fueron las luchas por el poder en el seno de las asociaciones, un problema al que anteriormente hemos hecho referencia desde una óptica política. En las actividades profesionales de cierta enti-

dad económica existían unas relaciones de clientelismo que mimetizaban las habituales en la sociedad nobiliar de la época, por lo que determinadas familias o clanes clientelares tendían a monopolizar el poder de algunas profesiones. Para ello formaban «coligaciones» o «monipodios» con el fin de manipular las reuniones gremiales en las que los maestros votaban para elegir las autoridades corporativas del año o bienio posterior. Los pleitos derivados de estas luchas corporativas ponen de manifiesto que el predominio material de un individuo y sus relaciones familiares dentro del gremio eran importantes, aunque mucho menos que sus conexiones colusivas con los clanes municipales.

Se trataba de un círculo vicioso que interrelacionaba dos esferas de poder, pues quien (o quienes) conseguía dominar el conjunto de la actividad profesional aumentaba su poder económico, su influencia social próxima y su ansia de notoriedad, todo lo cual le facilitaba la relación con otra esfera superior (la municipal), en la que otras personas o grupos estaban empeñados en la misma lucha por el poder, si bien a una escala mucho mayor, aunque comparativamente esta segunda también resultase insignificante si se la confronta con las pugnas que tenían lugar entre los grupos cortesanos.

Una visión economicista de las relaciones gremiales podría sugerir que tal pugna por el poder estaría promovida fundamentalmente por los intereses materiales. Pero la realidad social de la época no era tan simple, ni pueden desligarse tan completamente los aspectos materiales y los sociales, cuando el capitalismo iba socavando, mediante un proceso de velocidad acrecentada, los fundamentos ideológicos que habían ordenado y conferido una tradicional estabilidad estructural a la sociedad altomedieval.



3.6. Molineros. *Molinos de mano y de aceña,* Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas *(manuscrito anónimo, fols. 308v y 310v; siglo XVI, Biblioteca Nacional, Madrid).*

A fines del Medievo la economía se fue monetarizando de forma progresiva, lo que se aceleró a partir del descubrimiento de América por la llegada masiva de metal monetizable. La implantación del capitalismo mercantil conllevó que el poder del dinero erigiese múltiples caminos para establecer una ósmosis social interestamental, con lo cual los burgueses, los elementos más activos del pueblo llano, podían acceder al honor nobiliar y al dominio político de los concejos municipales. De ahí que el control de las asociaciones profesionales constituyese un paso previo y necesario para acumular un capital que se constituiría en palanca ideal para la elevación social tanto del individuo como de la familia.

No se debe minusvalorar el tema, inmaterial pero profundamente importante, del honor y el prestigio personal y familiar, pues, como hemos indicado, dentro de cada estamento existían una serie de divisiones y de estratos que trataban de imitar el modelo social constituido por el ordenamiento jerarquizado de la nobleza y el clero. En una sociedad que era mayoritariamente iletrada pero no inculta, los signos codificados para la distinción y diferenciación social eran fundamentalmente visuales, por lo que el lugar que cada cual ocupaba en un cortejo cívico era el indicativo del rango que tenía en el seno de la comunidad. Y ese rango comportaba un *status* que también se manifestaba en su vestimenta y su modo de vida, así como en los signos y símbolos profesionales de los que ocasionalmente era portador en función del cargo que ostentaba dentro de la asociación.

Cabría pensar que al ser los cargos gremiales electivos y temporales, el honor que comportaban sería efímero, pero los listados de autoridades corporativas ponen de manifiesto su acumulación en ciertas familias y la repetición de los mismos individuos, incluso sin respetar los obligatorios periodos «vacos» que algunas normativas gremiales incluían entre sus artículos.

El honor menestral tampoco era una cuestión baladí y es por tal causa por lo que los prejuicios acerca de la inferioridad étnica y racial aparecieron muy pronto en las reglamentaciones profesionales[38]. Por esta razón los negros, los esclavos y los gitanos fueron rechazados de todos los oficios, incluso de aquellos que eran considerados socialmente más indignos, pudiendo trabajar como simples peones en las tareas más pesadas, como los hoyos de majar esparto y la palanca[39], pero sin que nunca pudieran formar parte de la profesión. Hacia la mitad del siglo XVI, en paralelo con el proceso general de cerrazón ideológica que tuvo lugar en el seno de la socie-

[38] Parece que en el Medioevo la primera y casi única causa de exclusión era la esclavitud, apareciendo en el siglo XVI las motivaciones étnicas y religiosas.

[39] La «palanca» o la «percha» era el sistema de transportar mercancías sujetas a los extremos de una vara que se situaba en la cerviz o sobre un hombro. No está clara la causa de tal infamia, toda vez que no tenía connotaciones tan evidentes como las del verdugo o los tablajeros que cortaban la carne, y parece estar en relación con la carencia de habilidades específicas para ejercerla, lo que la equiparaba a un trabajo tan absolutamente mecánico como el realizado por los animales irracionales.

dad castellanovieja, comenzó a aparecer la exclusión social de carácter religioso, por lo que de todos los gremios (y con mayor énfasis cuanto más pobres y miserables) fueron excluidos los neoconversos, cualquiera que fuese su procedencia confesional.

En el entorno de estas limitaciones socioideológicas creemos que hay que situar la ausencia de gremios femeninos, aunque no la de profesiones u oficios específicos como las parteras o las «muchachas de servir». No se trata de las conocidas limitaciones jurídicas que afectaban a las mujeres en función de su sexo (puesto que, aunque muy raramente, resulta factible hallar alguna de ellas al frente de un taller)[40], sino de la consideración de la mujer como potencial inductora al pecado que defendían los Padres de la Iglesia en su tradicional misoginia. Neta y estrictamente social debe considerarse el rechazo a los extranjeros y forasteros, tan solo estimados como útil mano de obra para los trabajos más penosos y ubicados en aquellas profesiones menos apreciadas por los naturales del país.

V

Gremios, cofradías y asistencia benéfico-religiosa

Los medievalistas prefieren el término «solidaridad» para aludir a los condicionantes básicos que llevaron a los hombres medievales a constituir cofradías o fraternidades con las que hacer frente y paliar, en la medida de lo posible, las dificultades que con total seguridad sufrirían durante su no muy larga vida. Porque era muy posible que la familia, el núcleo de sociabilidad por excelencia, sufriera, al completo y simultáneamente, igual desgracia y, en consecuencia, quedase inhabilitada para que unos miembros socorriesen a otros. Tal peligro les obligó a crear una segunda instancia, una especie de «cinturón protector» de reserva, que permitiese abarcar a muchas más personas, minimizando los riesgos y diversificando y aumentando las posibilidades de apoyo mutuo incluso en los frecuentes casos de adversidad generalizada.

El elemento más comúnmente asumido por la sociedad medieval era la religión, que al mismo tiempo que mostraba el camino para alcanzar la vida eterna intervenía activamente en la vida diaria de las personas, pues del orto al ocaso la jornada de trabajo estaba regida por las horas canónicas y la enfermedad era considerada como un castigo divino por los pecados cometidos. En este plano específico de las creencias religiosas de nivel popular puede afirmarse que prácticamente nada cambió con el tránsito de la Edad Media a la Moderna.

---

[40] El caso estudiado por nosotros corresponde al siglo XVIII, pero la Historia del Género aporta con cierta frecuencia estudios de casos específicos situados en distintas épocas. S. Villas Tinoco: «La mujer y la organización gremial malagueña en el Antiguo Régimen», en *Actas de las IV Jornadas Interdisciplinares sobre la Mujer*, Universidad Autónoma, Madrid, 1984, pp. 91-104.

3.7. Martillo de ceremonias del gremio de los herreros, *en latón y madera (Reichenberg, 1641).*

La conjunción de creencias religiosas y necesidades materiales desembocó en la gestación de unas entidades religioso-benéficas que al mismo tiempo afrontaban todas las cuestiones básicas: interceder ante la divinidad para conseguir la salvación del alma y, mientras llegaba el instante supremo, obtener el perdón de los pecados y mantenerse al abrigo de la enfermedad o, al menos, paliar sus graves consecuencias que resultaban irreparables en gran parte de las ocasiones. Para la mentalidad colectiva, el accidente laboral tenía idéntica consideración de castigo divino que cualquier otra enfermedad.

Una característica general de la época inicial de estas instituciones era su concepción horizontal y su condición de abiertas, con un solo vínculo con lo religioso, representado por el convento o iglesia donde necesariamente se ubicaba, pero sin que las autoridades eclesiásticas ni políticas (el obispo ni el monarca) tuviesen arte ni parte en su gestación, organización o funcionamiento, unas injerencias que aparecerían algún tiempo después.

Dado que dos elementos esenciales de la sociabilidad del momento eran la procedencia (la nación) y la profesión, de forma lógica y natural las cofradías fueron incorporando a las personas que tenían un origen común o una misma actividad laboral, aunque tampoco faltan complicaciones para discernir netamente el contenido estructural y funcional de las diversas tipologías cofrades[41].

[41] Rumeu de Armas distingue tres tipos de instituciones asistenciales: 1. Cofradías generales o religioso-benéficas; 2. Cofradías gremiales; 3. Cofradías-gremio. La primera de ellas sería la fórmula original de organización, sobre la que se articularían los otros dos tipos, que aparecieron posteriormente. La cofradía gremial la define como la conjunción de la cofradía y el oficio, lo que significa que en una hermandad de carácter general se fueron integrando personas con una misma profesión, pero sin que quedasen necesaria ni automáticamente excluidas las que practicasen otros oficios. Por el contrario, la cofradía-gremio sería el resultado de transformar la cofradía gremial en una institución de nuevo tipo, a partir de que los hermanos de una misma actividad, organizados como una corporación profesional reglada y autorizada, en la que la nueva reglamentación profe-

Pese a su reconocida autoridad en el tema, la taxonomía propuesta por Rumeu de Armas —la cofradía general, la cofradía gremial y la cofradía-gremio— no ha obtenido una aceptación generalizada, pues interfiere con otras interpretaciones acerca de la gestación y la consolidación gremial, una polémica en la que no vamos a incidir pues lo que nos interesa es conocer las prácticas religiosas y los servicios asistenciales que se ofrecían a los cofrades en función de su pertenencia a un oficio específico y las variaciones que tales prestaciones sufrieron en el lapso comprendido en este estudio.

En primer y destacado lugar hay que mencionar las celebraciones litúrgicas, pues la salvación eterna no solo era un germen cofradiero sino el interés prioritario de los individuos tras el sustento diario[42]. La fiestas del patrón gremial se complementaban con las celebradas con motivo de otros sacramentos recibidos por los agremiados o sus hijos (bodas, bautizos), en los que el banquete posterior era una parte sustantiva del ritual religioso y social, ágape que se ha mantenido como costumbre.

Rumeu distingue hasta siete tipos de prestaciones, que describiremos de forma sucinta:

a) Los subsidios: que se inician con una cantidad indeterminada de dinero, cuya cuantía era a veces especificada en las constituciones cofrades y siguen con sustitución temporal en trabajo, una especificidad de hermandades de ciegos que también podía darse en otras profesiones; la asistencia médico-farmacéutica, que eventualmente podía ser recibida en los propios hospitales del gremio, y la entrega de cantidades en préstamo que deberían ser devueltas al retornar la salud, o pagadas por la viuda caso de quedar bienes en herencia. En realidad, el único subsidio que tenía carácter generalizado era el indicado en primer lugar, pues el resto corresponde a una casuística muy específica, que incluso se duda que traspasase el nivel de lo simplemente proyectado. En especial, el caso de los hospitales estrictamente gremiales es muy particular y su misma existencia ofrece ciertas dudas.

---

sional recogía y subsumía la precedente institución religioso-asistencial. El gremio es el «oficio unido y reglamentado», constituido «con independencia y a espaldas de la cofradía». A. Rumeu de Armas, *op. cit.*, capítulo iv, pp. 39-54.

[42] No es momento ni lugar para profundizar en la importancia esencial de la religiosidad para el hombre medieval y moderno, pero no podrán entenderse adecuadamente estos dos periodos históricos sin tener presente que se trataba de épocas absolutamente teocráticas en las que la totalidad de los poderes terrenales descansaba en la suprema omnipotencia divina, que quedaba totalmente a salvo (aunque no al margen) de los gravísimos enfrentamientos políticos entre la Iglesia y los monarcas. Eran tiempos en los que el ateísmo era prácticamente inexistente y cuando la religiosidad, mucho más sentida que pensada (la denominada «fe del carbonero»), impregnaba profundamente la vida diaria. El problema de la Reforma (Zwinglio, Calvino, Lutero, Müntzer, etc.) y los del propio catolicismo (cátaros, valdenses, iluminados, jansenistas) así lo atestiguan; y no es ocioso recordar que a partir de la Ilustración han tenido lugar cismas religiosos, pero no han aparecido nuevas herejías.

b) El auxilio en caso de accidente, que se presta por la asimilación del mismo con la enfermedad, por lo que, en consecuencia, las percepciones serían similares en cuantía al caso anterior.

c) Socorros de invalidez y de vejez, que se asumía por las cofradías gremiales como un caso particular de la asistencia en caso de «necesidad».

d) El paro también entra entre los casos de «necesidad o pobreza», porque la carencia devendría en última instancia de la ruina del artesano o de su negocio.

e) Auxilio de muerte y gastos de entierro. En nuestra opinión, esta era la prestación asistencial más intensamente requerida por los cofrades que esperaban la presencia fraternal ante el lecho mortuorio, el entierro en tierra sagrada y las posteriores misas por la eterna salvación de su alma. La identificación de las cofradías medievales y modernas con los actuales seguros de decesos es incorrecta, pero tan solo por lo que se refiere a la pérdida del esencial componente espiritual comunitario que tenía el servicio.

f) Ayuda a las viudas y huérfanos, que se concretaba tanto en apoyo material tras el óbito del cabeza de familia, la base del sistema familiar, como en el permiso para que, mediando determinadas condiciones, las viudas y los huérfanos de cierta edad pudieran mantener el taller abierto de una forma provisional.

h) Entre los auxilios de carácter atípico cabe citar la dotación a doncellas pobres, la manutención en caso de prisión y el pago del rescate por cautividad. El primero podía extenderse con carácter general a todas las solteras de un gremio, aunque lo habitual era limitarlo tan solo a las afectadas por la pobreza. El segundo era muy poco habitual y el tercero consistía realmente en una simple «ayuda», porque los gremios eran incapaces financieramente de subvenir todos los gastos que un rescate conllevaba.

Este panorama no deja de constituir un escenario idílico, que no se corresponde con la realidad por una serie de razones comprensibles. En primer término, porque se trataba de unas ayudas establecidas en las constituciones de diversas cofradías, lo que no quiere decir que tuviesen carácter universal, puesto que las circunstancias puntuales cambiaban en función de múltiples parámetros: lugar, época, actividad, coyuntura económica, etc. En segundo lugar, porque la economía cofrade dependía directamente del número de hermanos y la cuantía de las aportaciones, donaciones, mandas testamentarias y multas, que eran los epígrafes que constituían sus fuentes de ingresos. Las previsiones de gasto se hacían bajo el signo de la habitualidad, de la costumbre basada en la experiencia, lo que equivale a decir que intuitivamente se establecía una correlación, que resultaba en exceso voluntarista, entre los ingresos deseados y los decesos temidos. Pero la llamada «trilogía moderna»: el hambre, la peste y la guerra (solas o en nefasta compañía), con frecuencia vino a trastocar los planes cofrades, por lo que la obligación de subvenir a los gastos derivados de un contagio pestilencial acababa con las reservas de cualquier corporación asistencial por poderosa que fuese.

Por lo que afecta a la variable cronológica, cabe afirmar que, desde fines del XV e inicios del XVI, la consolidación de los gremios como instituciones laborales sometidas al Estado y tuteladas por los concejos conllevó que la asistencia pasase a manos de las cofradías gremiales, y aunque estas fueron perseguidas durante este siglo XVI (por una degeneración de sesgo político que muchas sufrieron), la realidad es que no dejaron de proliferar, aunque estuviesen muy estrechamente vigiladas por los poderes públicos y tuvieran que ceñirse estrictamente a los fines religiosos y mutualistas que por naturaleza les correspondían.

VI

A MODO DE CONCLUSIONES

Como recapitulación y síntesis de cuanto antecede, recordamos que hemos operado sobre un modelo de gremio, un instrumento de conocimiento que hemos debido diseñar por las dificultades que comporta abordar un tema muy complejo, que se halla sometido a múltiples reconsideraciones conceptuales y metodológicas y que presenta tantas variantes como espacios políticos y coyunturas temporales se abarquen en cada estudio.

Hasta finales del siglo XV habría que distinguir netamente entre el ámbito de la Corona de Aragón (con especial incidencia en las ciudades de Barcelona y Valencia), reinos donde las corporaciones de oficios tuvieron un desarrollo espectacular, en buena parte por la presión de los propios artesanos y también por el apoyo recibido desde el poder real, y el territorio de la Corona de Castilla, donde el movimiento corporativista tuvo mucho menor empuje, hasta el punto de que fue perseguido por la monarquía. Esa gran diversidad entre los respectivos desarrollos espaciales es factible que pueda ponerse en relación con los dos modelos políticos contrapuestos —pactista en el caso aragonés y autoritario en el castellano— de las relaciones rey/reino existentes en cada uno de los territorios.

Pero en cualquiera de ellos, el número de maestros agremiados era infinitamente menor que el de artesanos libres, y ello incluso en el interior de las ciudades, que eran el ámbito «natural» de las corporaciones de oficios. Es por esto que la importancia indudable de las asociaciones productivas radica en el hecho de que el conocimiento de los aspectos políticos, económicos, sociales e ideológicos del mundo del trabajo deviene de la documentación generada por la minoría sometida a regulación, ya que la mayoría «no existió» a los efectos históricos puesto que no dejó rastros localizables.

Técnicamente habría que distinguir entre el «oficio reglado», que fue la forma jurídica específica de la Edad Media, y el «gremio», que corresponde a la morfología institucional de la Edad Moderna, aunque para nosotros los modernistas se trate de dos estadios diferentes en el desarrollo de las corporaciones artesanales. En los pri-

meros momentos el impulso habría sido ascendente, partiendo desde la base social hacia la superestructura política, mientras que en el caso de los gremios el dinamismo fue descendente, pues la iniciativa ya corresponde al poder político y las corporaciones se van transformando en instituciones netamente defensoras de los selectivos privilegios profesionales que detentaba su élite corporativa.

El Renacimiento, que en los reinos hispánicos correspondería *sensu lato* a los siglos XV y XVI, fue época de profundas transformaciones: económicas (representadas por el capitalismo mercantil y por la economía-mundo), políticas (constituidas por la monarquía autoritaria y por el Estado moderno), sociales (con la riqueza como un deletéreo disolvente de los fundamentos estamentales) e ideológicas (culminando la crisis del papado y propiciando la llegada de la Reforma protestante). Unos cambios en general muy traumáticos, que, como no podía ser menos, se reflejaron en el conjunto de la sociedad y, consecuentemente, también en las corporaciones de oficios.

En esta específica coyuntura histórica, los gremios tenían una secular estructura profesional triple, que se resolvía en una jerarquía piramidal bipartita: los maestros que podían acceder a los cargos directivos y los oficiales y aprendices, sometidos al arbitrio (a veces también a la arbitrariedad) de los primeros. La tendencia fue a consolidar los privilegios de la cúpula rectora, lo que propició el estancamiento de la producción, el intento de mantener artificialmente los precios y la renuncia, realmente la más directa oposición, a cuantas novedades técnicas y empresariales se presentaban y que venían exigidas por una demanda en auge debida a la presión demográfica y al aumento de los medios de pago puestos en circulación por el «tesoro americano».

La legislación productiva gremial puede calificarse como una quasi simbiosis, aunque en realidad fue impuesta por el poder capitular, que permitía la manipulación interna de las corporaciones artesanales en tanto que se mantuviese la paz social en el conjunto ciudadano. Por lo que se refiere a los aspectos relativos al control de calidad, además de mantener la intangible tradición, pretendían pura y llanamente limitar la competencia, ya que eran autoridades corporativas —en connivencia con las concejiles— las que decidían qué productos cumplían los mínimos exigibles y cuáles no. Si cupiese alguna duda al respecto, tan solo habría que recordar que los sellos de calidad de todas aquellas mercancías que perdían interés económico desaparecían casi automáticamente de los oficios municipales que anualmente eran subastados[43].

En la faceta política, los gremios perdieron aquella capacidad de intervención (mayor o menor, pero nunca determinante) que tuvieron o pudieron tener en algunas ciudades durante el Medievo, quedando totalmente supeditados al Estado y

[43] Los sellos corresponderían, *mutatis mutandis*, a una especie de denominación de origen certificada por el cabildo de la ciudad y se estampaban en los productos mediante unos hierros de marcar que se perdían durante los largos periodos de inactividad.

3.8. Construcción de una iglesia dedicada a San Miguel *(Círculo del Maestro de Ávila, último cuarto del s. XV, Museo catedralicio abulense). Ilustración de la técnica constructiva tardomedieval: muros de revestimiento de piedra labrada con lecho de cal y canto en su interior, sobre cimientos de argamasa. Se muestran instrumentos: pico para tallar la piedra, plomada y escuadra para realizar el levantamiento, y compás, que distingue al maestro de obras.*

siendo controlados por las internamente incoherentes oligarquías concejiles. En todo caso pudieron servir como instrumento para la ósmosis sociopolítica al permitir que algunos de sus prohombres se enriquecieran y, accediendo a la calidad de hidalgos, pudieran después adquirir un oficio capitular e intervenir en la política municipal. Pero en tal caso ya no lo harían como autoridades gremiales sino a título patrimonial.

Socialmente, la progresión continua del enquistamiento, la oligarquización y la confrontación internas en las comunidades gremiales se fue haciendo cada vez más acusada, hasta el punto de que los poderes públicos tuvieron que arbitrar válvulas de escape para mantener bajo control el descontento social, que aumentaba peligrosamente por el enrocamiento de los maestros y por la baja del poder adquisitivo de los salarios reales, que estaba motivada por la galopante inflación.

Por lo que respecta a las prestaciones asistenciales, las cofradías, que en diversas formas estaban vinculadas a los gremios, tomaron a su cargo el apoyo de los maestros (pues dudamos que asistieran a los oficiales), a quienes la desgracia (enfermedad, accidente, quiebra empresarial) privaba de su capacidad para trabajar, lo que en aquella época suponía automáticamente el hambre y la miseria. Pero, sobre todo, se mantuvieron las prestaciones de tipo espiritual (rezo comunitario, sepelio y misas *post mortem*), que eran las asistencias que de forma irrenunciable demandaban todos los hermanos que constituían y pagaban —en general, más de una por persona— las cofradías.

Finalmente, como lógica deferencia a la temática general del curso, afirmamos que los gremios (en contraposición a lo que quizá pudieron haber hecho al respecto los oficios medievales) fueron incapaces de admitir y aún menos propiciar las novedades técnicas, tanto debido a sus limitaciones mentales como a los intereses grupales, a pesar de que las innovaciones se hacían progresivamente imprescindibles para resolver los nuevos problemas que de manera continua planteaban las transformaciones económicas y la evolución social.

Por ello habría de ser una nueva profesión, la Ingeniería, la que, partiendo de unas perspectivas mentales más amplias —que en buena parte estaban propiciadas por el dinamismo de los condicionamientos bélicos consustanciales a su función profesional—, abrazase el camino de la innovación como la única vía posible de futuro.

Bibliografía

Álvarez de Morales, A.: *Las Hermandades, expresión del movimiento comunitario en España*, Universidad, Valladolid, 1974.

Bejarano Robles, F.: *La industria de la seda en Málaga durante el siglo XVI*, CSIC, Málaga, 1951.

Bennassar, B.: *Valladolid en el siglo de oro. Una ciudad de Castilla y su entorno agrario en el siglo XVI*, Excmo. Ayuntamiento, Valladolid, 1989.

Bernal Rodríguez, A. M., A. Collantes de Terán y A. García Baquero: «Sevilla: de los gremios a la industrialización», *Estudios de Historia Social*, 5-6, 1978, pp. 7-307.

Bonnassie, P.: *La organización del trabajo en Barcelona a fines del siglo XV*, CSIC, Barcelona, 1975.

Capmany, A. de: *Memorias históricas sobre la marina, comercio y artes de la antigua ciudad de Barcelona*, 4 vols., Imprenta Antonio de Sancha, Madrid, 1779-1792. Reedición por la Cámara de Comercio y Navegación de Barcelona, 3 vols., Barcelona, 1961.

Chacón Jiménez, F.: *Murcia en la centuria del Quinientos*, Servicio de Publicaciones de la Universidad, Murcia, 1979.

Collantes de Terán, A.: *Sevilla en la Baja Edad Media: la ciudad y sus hombres*, Excmo. Ayuntamiento, Sevilla, 1977.

Contreras y López de Ayala, J. de (Marqués de Lozoya): *Los gremios españoles*, Ministerio de Trabajo, Madrid, 1944.

Córdoba de la Llave, R.: *La industria medieval en Córdoba*, Caja Provincial de Ahorros, Córdoba, 1990.

Cruilles, Marqués de: *Los gremios de Valencia. Memoria sobre su origen, vicisitudes y organización*, Imprenta de la Casa de Beneficencia, Valencia, 1883.

Falcón, M. I.: «El gremio de panaderos de Zaragoza en el siglo XV», *Aragón en la Edad Media*, 7, 1987, pp. 199-230.

Fortea Pérez, I.: *Córdoba en el siglo XVI. Las bases demográficas y económicas de una expansión urbana*, Monte de Piedad y Caja de Ahorros, Córdoba, 1981.

Iradiel Murugarren, P.: *Evolución de la industria textil castellana en los siglos XII-XVI*, Universidad, Salamanca, 1974.

Jiménez Salas, M.: *Historia de la asistencia social en España en la Edad Moderna*, CSIC, Madrid, 1958.

Molas Ribalta, P.: *Los gremios barceloneses del siglo XVIII. La estructura corporativa ante el comienzo de la Revolución Industrial*, C.E.C. de Ahorros, Madrid, 1970.

NAVARRO, G.: *El despegue de la industria sedera en la Valencia del siglo XV*, Consell Valencià de Cultura, Valencia, 1992.

NÚÉZ, C. E. (ed.): *Gremios, economía y sociedad*, Fundación Caja Madrid/Universidad, Sevilla, 1998.

PARIAS, H.-L. (dir.): *Historia general del trabajo*, 4 vols., Grijalba, Méjico/Barcelona, 1965.

REDONDO VEINTEMILLAS, G.: *Las corporaciones de artesanos de Zaragoza en el siglo XVII*, Institución «Fernando el Católico», Zaragoza, 1982.

RIBOT GARCÍA, L. y L. DE ROSA (dirs.): *Industria y época moderna*, Actas, Madrid, 2000.

RUMEU DE ARMAS, A.: *Historia de la previsión social en España. Cofradías. Gremios. Hermandades. Montepíos*, Ed. Revista de Derecho Privado, Madrid, 1944.

SALAVERT I FABIANI, V. L., y V. GRAULLERA I SANZ: *Professió, ciència i societat a la València del segle XVI*, Curial, Barcelona, 1990.

SANCHO SERAL, L.: «El gremio zaragozano. Datos para la historia de la organización corporativa del trabajo en España», *Universidad*, 3, 1925, pp. 613-648, y 4, 1925, pp. 799-825.

TRAMOYERES BLASCO, L.: *Instituciones gremiales. Su origen y su organización en Valencia*, Imprenta Domenech, Valencia, 1889.

UÑA SARTHOU, J.: *Las asociaciones obreras en España. Notas para su estudio*, Establecimiento Tipográfico G. Juste, Madrid, 1900.

VACA LORENZO, A. (ed.): «El trabajo en la Historia». *Séptimas Jornadas de Estudios Históricos,* Departamento de Historia Medieval, Moderna y Contemporánea de la Universidad de Salamanca, Ediciones Universidad, Salamanca, 1996.

VV. AA.: *La manufactura urbana i els menestrals (ss. XII-XV)*, Consellería de Cultura, Educació i Esports del Govern Balear, Palma, 1991.

4

La profesión de ingeniero: los ingenieros del rey

Alicia Cámara Muñoz
Universidad Nacional de Educación a Distancia

Probablemente la profesión de ingeniero puede definir la época del Renacimiento: una profesión nueva en la que el progreso fue el argumento de todas sus actuaciones, ya se tratara de canalizaciones de aguas, de descripciones del territorio o de arquitectura militar. Siempre al servicio del poder, su trabajo estuvo ligado a esa «ciencia y modo de gobernar la ciudad y república», como definía Covarrubias la política en 1611, en el *Tesoro de la lengua castellana o española*.

Reconocerse ante unos siglos medievales que entonces se consideraban oscuros como protagonistas de una nueva época en la que arte y ciencia transformarían el mundo fue más fácil gracias a los ingenios, las máquinas y todo tipo de nuevas invenciones de los ingenieros. Un Leonardo da Vinci fue ingeniero antes que pintor, y como ingeniero se ofreció a Ludovico *el Moro* en la corte de Milán. Su pintura era un resultado más de su ciencia, pero el príncipe —en sentido genérico y recordando a Maquiavelo— le necesitaba para construir nuevas máquinas de guerra, nuevos ingenios para las fiestas, nuevas obras de infraestructura en las ciudades... Es el ejemplo más famoso, pero podríamos hablar de otros muchos artistas y arquitectos que hoy se estudian desde la historia del arte, aunque muchas veces trabajaron como ingenieros: las fortificaciones florentinas proyectadas por Miguel Ángel nos eximen de citar más ejemplos.

En la monarquía española, con sus inmensos territorios en varios continentes, el papel de los ingenieros se está estudiando desde hace unos años, entre otros por algunos de los participantes en este curso, pero queda todavía mucho por saber. Dominar tierras y describirlas, controlar reinos, defender fronteras, construir ciudades, navegar ríos, dominar las aguas... la monarquía necesitó de los mejores ingenieros del siglo XVI para llevar adelante tan desmesurada empresa de dominio de nuevas realidades.

Ante un tema como el de la profesión del ingeniero en el Renacimiento español, que es en lo que nos vamos a centrar, caben dos opciones: hablar de los ingenieros que fueron reconocidos como tales por sus coetáneos o limitarse a aquellos que recibieron el título de ingeniero que otorgaba el rey. Unos podían ser llamados

maquinarios y maestros mayores de las fortificaciones, como fue el caso de Lastanosa, alumno del cosmógrafo Girava; oficiales de hacer presas, como los que acompañaron a Juan Bautista Antonelli en su navegación del Tajo; «maestros de estanques para pescados», como Pieter Yansen que construyó los estanques de la Fresneda en El Escorial, o relojeros casi míticos como Juanelo Turriano, inventor de ingenios y máquinas[1]. Creo que no se debe hacer un problema del nombre: ingenieros propiamente, si queremos ser muy estrictos, fueron aquellos que recibieron tal título por parte del rey, y estos en su mayoría se dedicaron a la arquitectura militar, aunque entre sus cometidos se incluyeran canalización de ríos, construcción de caminos o invenciones de máquinas. Pero «ingeniero» no era solo un título, empezaba a ser una profesión, que se iría definiendo poco a poco. Los grandes sueldos fueron para aquellos que tuvieron título de ingenieros del rey, a los que acompañó la fama, pero hubo otros muchos ingenieros, y en esa complejidad vamos a intentar movernos.

No parece útil para avanzar en el conocimiento de esta profesión plantear un debate para el siglo XVI sobre si los que construían edificios públicos (según la división vitruviana de la arquitectura) eran arquitectos o ingenieros, sobre todo si recordamos que hasta la muerte de Sabatini en el XVIII no se dividen definitivamente la arquitectura civil y la arquitectura militar[2]. ¿Por qué empeñarnos en poner corsés decimonónicos —cuando se regularon definitivamente los distintos cuerpos— a algo que fluía en la profesión con más naturalidad? La indefinición profesional de lo que hoy llamamos ingeniero, con sus distintas especializaciones, es patente en el siglo XVI. Pero si nos vamos a ese siglo, y nos atenemos a los documentos, la categoría de ingeniero es un título que un individuo recibe del rey, bien para unas obras en concreto, bien con carácter general. Ingenieros del rey con título de tales: Benedetto de Ravena, Juan Bautista Calvi, Juan Bautista Antonelli, Jacome Palearo Fratin, Tiburzio Spannocchi... que lo eran allí donde estuvieran. Otros fueron nombrados ingenieros para obras concretas y por supuesto hubo maestros expertos que todos podían reconocer como ingenieros pero sin haber recibido el título.

En un siglo XVI en guerra, el ingeniero es el que posibilita la victoria, bien con sus informes, bien con sus dibujos, bien con sus fortificaciones. Pero, si se contempla desde hoy día ¿quién negaría a Jerónimo de Ayanz la categoría de ingeniero siendo como fue inventor de equipos de buceo y de máquinas de vapor?[3] Todos contri-

[1] Además de la bibliografía específica sobre estos ingenieros, es de gran utilidad consultar el reciente libro de N. García Tapia y J. Carrillo Castillo: *Turriano, Lastanosa, Herrera, Ayanz. Tecnología e Imperio. Ingenios y leyendas del Siglo de Oro*, Madrid, 2002.

[2] A. Cámara: «El ingeniero Sabatini», en *Catálogo de la Exposición Francisco Sabatini, 1721-1797,* Madrid, 1993, pp. 437-460.

[3] N. García Tapia: *Técnica y poder en Castilla durante los siglos XVI y XVII,* Salamanca, 1989, pp. 205-225.

buyeron al progreso de una monarquía que necesitaba controlar unos inmensos territorios, y esa idea del progreso es la que todos asociamos a los ingenieros y sus intervenciones, ya fuera haciendo pantanos o fortalezas. Hay además otra realidad que no ha sido suficientemente señalada por la historiografía. Cuando hablamos de ingenieros militares estamos aplicando una denominación que con propiedad solo se debe utilizar cuando los ingenieros, ya con el primer intento del marqués de Leganés en el siglo XVII y luego definitivamente a comienzos del XVIII, pasaron a formar parte del ejército como cuerpo. Antes, en el siglo XVI, eran ingenieros de fortificación, o más sencillamente arquitectos militares, muchas veces enfrentados a los militares de carrera que también debían decidir sobre las obras de fortificación. Así, pues, en el Renacimiento son ingenieros de fortificación, que por su misma función deben trabajar en el mundo de la guerra y conocerla a fondo, pero que casi nunca tienen grado en la escala militar, porque la fortificación era parte de la guerra, pero también de la arquitectura. De una forma mucho más sintética expresaba esto mismo Juan Botero, traducido por Jaime Rebullosa en 1605: «La fortificación de un lugar, si se atiende a la materia en que se emplea, es parte de la Architectura; y si el fin que se pretende, pertenesce a la Arte Militar»[4]. Con este punto de partida vamos a intentar hacer algunas reflexiones al respecto y a exponer varios casos que pueden sumarse a los ya conocidos para intentar ir sabiendo algo más sobre la progresiva definición profesional del ingeniero en el Renacimiento. Una primera aproximación nos permitiría hablar de ingenieros para la paz e ingenieros para la guerra, aun cuando a veces fueran los mismos, diferenciando entre los ingenieros de máquinas e ingenios y los arquitectos militares.

I

Una nueva profesión: la procedencia de los protagonistas

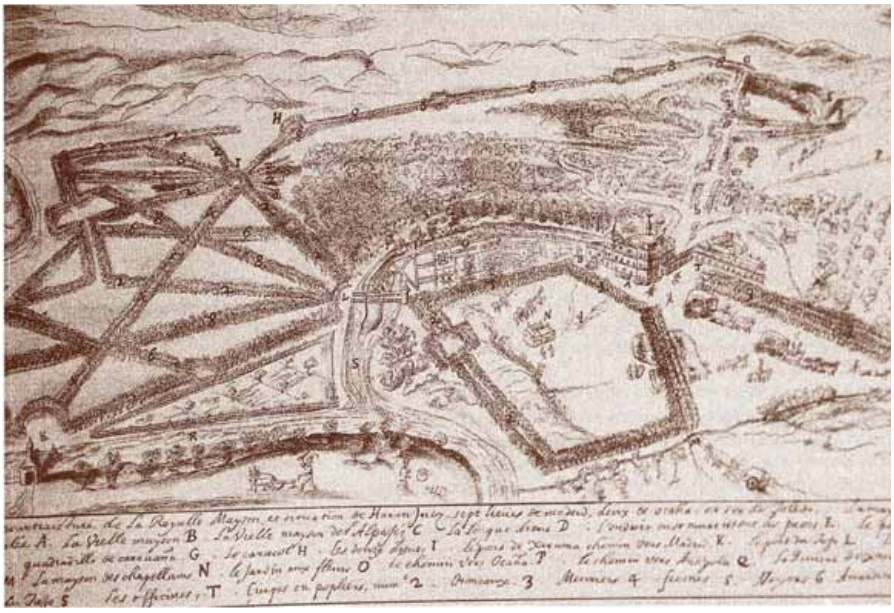
La procedencia de los ingenieros fue muy diversa, tanto por lo que se refiere a su formación como a su condición social. Hubo incluso religiosos entre los ingenieros, como el llamado «ermitaño ingeniero», el carmelita Ambrosio Mariano Azaro[5], o fray Juan Vicencio Casale, arquitecto militar que dejó importantes obras en Portugal.

A veces, lo que compaginaron no fue la arquitectura militar con los ingenios, canalizaciones, etc. sino simplemente con la arquitectura. Uno de los arquitectos

[4] J. Botero: *Teatro de los mayores principes del mundo, y causas de la Grandeza de sus Estados, sacado de las Relaciones Toscanas de Juan Botero Benès; con cinco tratados de Razon de Estado: por F. Iayme Rebullosa de la orden de Predicadores...,* Barcelona, 1605, fol. 282.

[5] Sobre este personaje, así como sobre otros muchos que vamos a citar, dedicados a obras de ingeniería, véase N. García Tapia: *Ingeniería y arquitectura en el Renacimiento español*, Valladolid, 1990.

más famosos del Renacimiento español, por haber dado las primeras trazas para el monasterio de San Lorenzo el Real de El Escorial fue Juan Bautista de Toledo, y le podríamos considerar también ingeniero teniendo en cuenta sus trabajos en Aranjuez, por no referirnos a los que hizo antes en el virreinato de Nápoles. Felipe II le hizo venir de Italia para ocuparse de las obras de las casas reales[6]. Cuando la corte se trasladó a Madrid, se reformaron o reconstruyeron de acuerdo a los nuevos cánones arquitectónicos varios palacios que configuraron una constelación de casas del rey en torno a la corte. Entre ellos estaba Aranjuez. Allí se plantaron especies vegetales desconocidas y se llevaron los animales más exóticos que entonces se pudieran soñar. «La floresta de Aranjuez» la llamaron los escritores del siglo XVII. Lugar de reflexión y deleite, se quiso recrear un mundo soñado con una naturaleza dominada por el hombre. Sus jardines fueron casi más cuidados que el palacio, con ser este un gran modelo de arquitectura cortesana. La canalización de aguas y jardines fue diseñada con el rigor de la geometría por Juan Bautista de Toledo; como ha señalado García Tapia, esos jardines pueden recordar en plano a una carta náutica, en la que las líneas y ejes hubieran sido trazados por ingenieros matemáticos y cosmógrafos con los mismos instrumentos que se usaban para la navegación.



4.1. J. L'Hermite: «Les Passetemps», *1602. Vista de los jardines y palacio de Aranjuez, Bruselas, Biblioteca Real.*

6 J. RIVERA: *Juan Bautista de Toledo y Felipe II (La implantación del clasicismo en España)*, Valladolid, 1984.

A ese paraíso creado por la ciencia y el agua hay que añadir las fuentes artificiosas que hablaban con sus chorros de avances hidráulicos, y con sus figuras de recuperaciones de la mitología clásica. Sobre el gusto de los reyes españoles por las máquinas y artificios en los jardines hay muchísimos ejemplos. La pasión por los relojes que ya tuvo el emperador y que llevó a Juanelo Turriano a la fama siguió siendo cultivada por sus sucesores y por los cortesanos. Fue la ciencia al servicio del placer de una corte que en estos microcosmos de jardines y colecciones se reconocía como la más poderosa del orbe.

Uno de los mejores objetos a estudiar si se habla de arte e ingeniería en la corte son sin duda sus jardines[7], en los que el deleite de todos los sentidos se une a la belleza de unas plantas que son a su vez objetos científicos, dentro de unos trazados generados por la geometría euclidiana y diseñados por hombres con una formación que hoy equipararíamos a la de los ingenieros, pero que entonces podían ser llamados zahoríes. Nos cuenta Álvarez de Quindós, en su descripción de Aranjuez, que Felipe II hizo ir allí en 1565 para ocuparse de los manantiales que debían regar los jardines a

> un hidráulico, que decían Zahorí, y se llamaba Baltasar de San Juan, dándole quince mil maravedís y setenta fanegas de trigo de salario anual [...]. Por las obras que hizo entiendo que era un inteligente o Maestro de obras de agua, que con su arte y observaciones de las señales naturales descubrió unos y aclaró otros nacimientos para el mar [se refiere al llamado mar de Ontígola, que es una de las obras que hoy se conservan] y a esto ignorante el vulgo de semejante ciencia, lo atribuía a adivinaciones, y resultó confundir el verdadero significado de la voz zahorí [...][8].

Arquitectos, frailes, militares, cosmógrafos, dibujantes y hasta zahoríes se dieron cita en una profesión en la que la ciencia a veces pareció cosa de magia a los ignorantes.

I.1. *La arquitectura y las artes*

Son muchos los casos de ingenieros procedentes del mundo de la arquitectura que podemos citar, sobre todo si nos referimos a las fortificaciones. Uno de ellos fue además pintor, y como tal es conocido en España debido a su trabajo en la decoración de San Lorenzo el Real de El Escorial. Se trata de Pellegrino Tibaldi, o Pellegrino Pellegrini, formado como pintor y que fue también arquitecto e ingeniero en la ciudad de Milán en 1561. Vino a España en 1585, donde estuvo hasta 1596, pero había

[7] Sobre este tema es de especial interés la consulta del libro de Gregorio DE LOS RÍOS: *Agricultura de jardines, que trata de la manera que se han de criar, governar, y conservar las plantas, y todas las demás cosas que para esto se requieren*, de 1592. Edición de Madrid, 1991, facsímil de la de Madrid de 1620.

[8] J. A. ÁLVAREZ DE QUINDÓS: *Descripción histórica del Real bosque de Aranjuez* (1804), ed. de Madrid, 1993.

sido durante veinte años en Milán ingeniero hidráulico, además de intervenir en obras de fortificación como la de Ancona.

Don Sancho de Guevara informaba sobre él en 1581 que, además de ser ingeniero del rey en Milán, «de casi cincuenta años, bien entendido y de juicio claro», se ocupaba de las obras de la catedral, siendo excelente arquitecto y gran pintor, a lo que añade «y gran hombre de invenciones»[9], lo que nos interesa de forma especial, porque las invenciones y la capacidad de transformar con ellas la realidad fue una de las que definieron la profesión. En el tratado de arquitectura de Pellegrino, un tema tan vitruviano como el de las conducciones de aguas, al que Vitruvio había dedicado un libro, fue ampliamente tratado, y solo podemos recordar que este pintor, arquitecto e ingeniero conocería a fondo las obras realizadas en la España de ese tiempo en cuestión de ingeniería hidráulica, ejemplarmente estudiadas por García Tapia[10].

Se puede recordar a otro «ingeniero», porque siempre se piensa en él tan solo como arquitecto, que es Juan Gómez de Mora[11], tan ligado al manuscrito que se atribuyó a Juanelo Turriano. En 1624 había dado su parecer sobre las fortificaciones de Cádiz, y pidió continuar ocupándose de fortificaciones con algún entretenimiento con cargo a la artillería, concediéndosele 20 ducados. Siguió siendo arquitecto del rey y trazador real hasta que le cesaron en el cargo tras una acusación de fraude en el alcázar en 1635. Se le enviará a Murcia en 1636 con 30 escudos de sueldo, y allí, entre 1637 y 1643, se ocupó del riego. Es decir, que tenía conocimientos de las aguas y cómo controlarlas porque en 1613 había informado ya sobre conducciones de agua en el campo de Lorca[12]. Pero lo que se recuerda es la arquitectura del Madrid de los Austrias y sobre todo la fachada del alcázar. Aunque volviera a Madrid en alguna

9 AGS, Estado, leg. 1254, fol. 174. Por su interés para la profesión de ingeniero, reproduzco un párrafo algo más extenso del informe de Sancho de Guevara: «[...] el dicho Pelegrin es entretenido aqui por Ingeniero de V. Md., al qual se le cometen las mas comissiones de su servicio, es hombre de casi cinquenta años bien entendido y de juizio claro, y facil en sus facultades que son ser muy gran Arquitecto tiene las obras y fábricas del Domo desta ciudad, y creo que de Arquitectura no aya hombre acá más fundado que el, es muy gran pintor assi al olio como al fresco y de labor de stuco y dorado es muy diestro / y gran hombre de invenciones, tengole por hombre bien acondicionado y desseoso de servir a V. Md. en su presencia, acá es persona muy ocupada, y de mucha opinión [...]». Sobre Pellegrino como ingeniero que se ofrece a servir en España, véase M. Scholz: «New documents on Pellegrino Tibaldi in Spain», *The Burlington Magazine*, CXXVI, n.º 981, 1984, pp. 766-768.

10 N. García Tapia: *Ingeniería y arquitectura en el Renacimiento español*, Valladolid, 1990. El tratado de Pellegrino Pellegrini, *L'Architettura*, se publicó en Milán en 1990, por G. Panizza y A. Buratti Mazzotta. Sobre este tratado, véase también A. Scotti: «Il trattato sull'architettura di Pellegrino Tibaldi», en *Les traités d'architecture de la Renaissance*, París, 1988, pp. 263-268.

11 Véanse especialmente los estudios de V. Tovar. Una síntesis de ellos la publicó en el Catálogo de la Exposición (V. Tovar, ed.) *Juan Gómez de Mora (1586-1648)*, Madrid, 1986.

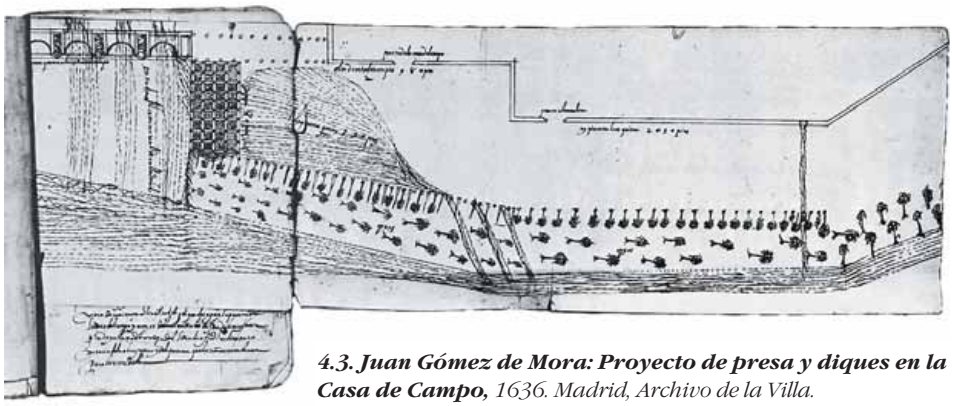
12 A. Cámara: «La arquitectura militar y los ingenieros de la monarquía española: aspectos de una profesión (1530-1650)», *Revista de la Universidad Complutense*, n.º 3, 1981, pp. 255-269. El manuscrito de 1624 sobre las fortificaciones de Cádiz se encuentra en la Biblioteca Nacional de Madrid.

4.2. Filippo Pallota: Fachada del alcázar de Madrid en 1704. *Grabado. Madrid, Museo Municipal.*

ocasión, por ejemplo en 1637, este «destierro» a Murcia nos sitúa ante la amplitud en la formación de estos profesionales, y sus demandas anteriores ante lo atractivo de la profesión de arquitecto militar, puesto que solían ganar más que los arquitectos.

De la arquitectura procedieron también ingenieros tan conocidos como Cristóbal de Rojas, que necesitó sin embargo de la experiencia de guerra en Bretaña porque, como decía el Capitán General de Artillería en 1589, podía ser ingeniero al haber hecho algunas buenas obras grandes de arquitectura, y sabía muy bien la matemática, así que «con facilidad vendrá a ser Ingeniero como vea y platique con los tales». El saber construir y diseñar era sin duda una buena preparación, pero los arquitectos militares debían tener conocimientos añadidos, y así, poco a poco, dejaron de confundirse ambas profesiones, aunque fuera un proceso muy lento. También lo podríamos plantear a la inversa, hablando de los arquitectos militares que hicieron obras de arquitectura civil o religiosa, como pueda ser el caso del famoso Francesco Paciotto, por no citar a otros como Antonio da Sangallo *el Joven*,

Sobre las peticiones de Gómez de Mora, AGS, Guerra Antigua, legs. 899, 914 y 1136. Datos sobre este arquitecto en su actuación como ingeniero en Instituto de Historia y Cultura Militar, Madrid, Colección Aparici, tomo XLIII.



4.3. Juan Gómez de Mora: Proyecto de presa y diques en la Casa de Campo, *1636. Madrid, Archivo de la Villa.*

uno de los profesionales más reconocidos por la historiografía debido a su papel en la evolución de la arquitectura militar, pero al que encontramos también en el Palacio Farnesio de Roma. Hubo arquitectos que se limitaron a trabajar como maestros mayores de las obras de fortificación, pero no fueron nunca ingenieros. Es el caso de Alonso de Vandelvira en Cádiz o de Cristóbal Carlone, hermano de Bartolomé, uno de los maestros mayores del Monasterio de El Escorial y a quien se proponía para maestro mayor de la ciudadela de Pamplona en 1587.

I.2. *Militares, nobles y maestros*

Tratemos ahora de un gran profesional como fue Juan de Herrera, cuya figura define una forma de hacer arquitectura en el siglo XVI en el sentido más amplio del término. Era matemático, cosmógrafo, y fue llamado ingeniero por Fabio Borsoto, constructor del puerto de Málaga[13]. Se había formado en la milicia, pero antes que nada es conocido como arquitecto del Monasterio de El Escorial[14]. Además ideó y construyó ingenios y máquinas. Todo eso es lo que le llevó a protagonizar como director los primeros años de la Academia de Matemáticas fundada en 1582 por Felipe II en la corte.

Según sus estatutos, las matemáticas eran la ciencia que permitía la formación de cosmógrafos e ingenieros militares[15]. Dos profesiones absolutamente necesarias para conservar un imperio y que a veces desempeñó una misma persona.

La formación que debían tener los militares, que habían de ser «letrados y memoriosos», incluía una formación científica que hacía más valioso al soldado, lo que

[13] A. CÁMARA: *Fortificación y ciudad en los reinos de Felipe II*, Madrid, 1998, p. 103. «Juan de Herrera y la arquitectura militar», en M. A. ARAMBURU (ed.): *Juan de Herrera y su influencia*, Santander, 1993, pp. 91-104.

[14] C. WILKINSON: *Juan de Herrera. Arquitecto de Felipe II*, Madrid, 1996.

[15] J. de HERRERA: *Institución de la Academia Real Mathematica*, ed. de L. CERVERA VERA y J. SIMÓN DÍAZ, Madrid, 1995.

era deseado por algunos de los que escribieron sobre el arte militar[16]. En los ingenieros militares se da esa doble procedencia, tanto de la arquitectura como de la milicia.

Hubo nobles militares expertos en fortificación, como el barón Giangiacomo del Acaya, que trabajó en el reino de Nápoles. Este ingeniero fue nombrado por Pedro Librán entre los que eran considerados famosos ingenieros en los años cuarenta junto con Tadino di Martinengo, el comendador Escrivá, Francisco María de Viterbo, Juan Maria Olgiatti y Ferramolino[17]. También fueron nobles otros famosos expertos en fortificación como Vespasiano Gonzaga o, años antes, el barón don Juan Cervellón, constructor en 1536 de la torre de Oropesa después de su estancia en Lombardía[18]. Fue consultado como experto por Pedro de Guevara para la fortificación de Valencia, asesoró sobre otras defensas de ese reino y en 1544 le querían en La Goleta, donde se mostrarían «su ánimo y experiencia como por lo que se podía ayudar las obras de aquella fortificación con su industria y diligencia»[19].

Sobre Vespasiano Gonzaga como experto baste recordar que a él atribuía Antonio de Herrera el sitio, la forma y la materia de la ciudadela de Pamplona, pese a que el ingeniero que dio las trazas fuera Fratin[20], y no olvida este historiador recalcar que el rey Felipe II fue un verdadero entendido en todos los géneros de arquitectura, «assí militar, como la otra». La arquitectura como expresión del poder la convirtió en objeto de estudio para nobles y reyes, y entre toda la arquitectura pública o política, la militar a veces nos parece la reina de la arquitectura, contaminando con sus principios de geometría y relaciones entre las partes a toda la arquitectura del llamado clasicismo.

---

16 A. Cornazano: *Las reglas militares... traducidas en Romance Castellano por Lorenço Suárez de Figueroa Alcayde del Castillo de Novara*, Venecia, 1558, libro I, cap. 7.

17 Documento citado por F. Cobos en «Pallas y Minerva, militares e ingenieros en la Corona Española en el siglo XVI». En A. Marino (a cura di), *Fortezze d'Europa. Forme, profesión e mestieri dell'architettura defensiva in Europa en el Mediterraneo spagnolo*. Gangemi Editore, Roma, 2003, p. 377. Sobre Giangiacomo dell'Acaya, ver sobre todo O. Brunetti, *A difusa dell'Impero. Prattica architettonica e dibattito teorico nel Viceregno di Napoli nel Cinquecento*. Mario Congedo Editore, Lavello, 2006.

18 J. F. Pardo Molero: *La defensa del imperio. Carlos V, Valencia y el Mediterráneo,* Madrid, 2001, p. 306.

19 AGS, Estado, leg. 293, fol. 12.

20 A. de Herrera: *Tratado, Relación y Discurso histórico de los movimientos de Aragón...* Madrid, 1612, p. 136. El rey Felipe II, tras ver la ciudadela, «aprovò todo lo hecho por los dos hemanos Fratines, Iacome y Iorge Palearos sus Ingenieros, en las casasmatas, en la banqueta de la muralla, en los parapetos, en el cuerpo de guarda, en el fosso, y en la estrada cubierta, y contrascarpa; y en todo juzgó, que en nada avía excedido de la orden dexada por Vespasiano Gonçaga Colona, y que el dicho Principe avia andado muy acertado en el sitio, en la forma, y en la materia de aquella ciudadela, que en todo pareció a su Majestad muy bien; y que estava traçada y hecha con gran consideración y juicio de hombre muy experimentado en cosas de guerra: porque en todos los generos de Arquitectura, assi militar, como la otra, el Rey era muy versado, y entendido».

En relación al interés en esta arquitectura por parte de la nobleza, se puede citar que años después don Sancho de Guevara y Padilla, gobernador del estado de Milán, escribía en 1581 que, buscando ingenieros para acabar de trazar las fortificaciones de Milán, se había consultado a personas que «si dilettano di questa profesione». Entre los profesionales estaba Pellegrino Tibaldi, a quien ya nos hemos referido, y el ingeniero Francesco Pirovano, pero lo que interesa señalar es que había asimismo gentilhombres como Pietrantonio Lonato, el caballero Somo Cremonese y Vicenzo Locadello, también cremonés[21]. Esa nobleza menor —otras veces, grandes títulos— se fue especializando en ocasiones en la arquitectura militar, hasta llegar a ser considerados ingenieros. ¿No era caballero Francesco Paciotto?, ¿no era noble Tiburzio Spannocchi? Sin tener la grandeza de un duque de Alba o de un Vespasiano Gonzaga —dos de los mayores expertos y que más responsabilidades tuvieron, sobre todo Alba, en lo referente a fortificaciones—, no cabe duda de que la nobleza siguió siendo en muchos casos la constructora de fortalezas, como lo había sido durante siglos. Los ingenieros estuvieron siempre nadando entre las aguas del noble militar, alta o baja nobleza, y los profesionales del diseño y de la arquitectura, cuyos conocimientos fueron rápidamente incorporados por todos aquellos profesionales que se ocuparon de la arquitectura militar. Pero tanto en referencia a Juan de Herrera como para otros, hay que hablar también de los cosmógrafos ingenieros, como Jorge Settala. Quizá sea el momento de recordar que Setara (milanés llamado Gian Giacomo Settala), ingeniero y cartógrafo en Milán, nombrado cosmógrafo del emperador en Milán en 1542, fue llamado a España en tiempo de Felipe II y nombrado ingeniero del rey en 1566, el mismo año en que también llegaba a España el «Ingegnero publico di Milano et della Regia et Ducal Camera» Giovanni Francesco Sitoni[22]. El cosmógrafo Setara acabó ocupándose de la fortificación de Perpiñán y murió en 1590[23]. Además de sus obras de fortificación, le debemos un interesante

21 AGS, Estado, leg. 1254, fol. 130.

22 AGS, Estado, leg. 1245, fol. 29: contrato al ingeniero Sitoni, a quien el rey ha llamado a España por todo el tiempo que decida, con un salario de ochenta escudos de oro al mes, desde el mismo día en que parta de Milán hasta su regreso. Tendrá tres meses en total para ir y volver, y como ayuda de costa para el viaje se le dieron setenta escudos de oro en oro. A cuenta del sueldo se le habían dado también cuatrocientos escudos de oro en oro (8 de febrero de 1566). Sobre este ingeniero, véase N. García Tapia, *op. cit.*, y J. A. García Diego y A. G. Keller: *Giovanni Francesco Sitoni, ingeniero renacentista al servicio de la corona de España*, Madrid, 1990.

23 S. Leydi: «Georgius haud ultimum ornamentum genti, geographus et architectus. Prime note su Giovan Giorgio Settala cosmografo, cartografo e ingegnere milanese», en M. Viganò, *Architetti e ingegneri militari italiani all'estero dal XV al XVIII secolo*, Livorno, 1994. El Capitán General de Artillería, don Juan Manrique de Lara, miembro del Consejo de Estado, pagaría con cargo a la artillería de los reinos de Castilla 400 ducados al año, a partir del 1 de enero de 1566, a Jorge Setara, «que aviendo venido Jorge Setara a estos reynos y estado en nra. Corte entendiendo en algunas cosas de nro. Servicio que le han sido hordenadas teniendo consideracion a la pratica y experien-

mapa de los montes de Valencia. Por otra parte fue uno de los propuestos para ir a fortificar el Estrecho de Magallanes, cuando don Francés de Álava, Capitán general de Artillería, escribía en 1581 que para esa misión era necesario un «ingeniero muy ingeniero»[24].

II

La formación

II.1. *Geometría y matemáticas*

El Renacimiento también supuso una recuperación de la Antigüedad en el campo de la ciencia: Ptolomeo para la cosmografía o Euclides para la geometría nos valen como ejemplo. A Euclides lo tradujo al castellano Rodrigo Zamorano, catedrático de cosmografía y del arte de navegar de la Casa de Contratación de Sevilla, en 1576, y desde entonces el conocimiento de este clásico que enseñó a medir el mundo, tierras y mares, estuvo al alcance de muchos más, apareciendo en casi todas las bibliotecas conocidas de arquitectos e ingenieros.

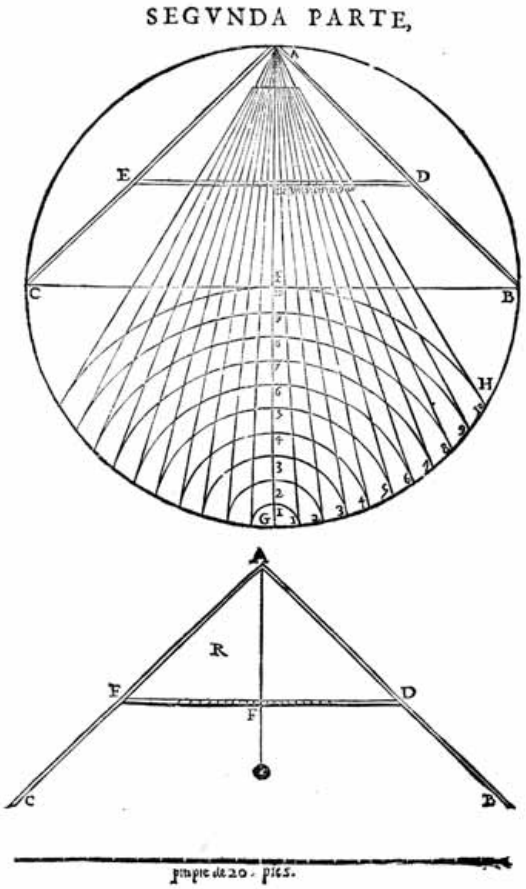
En un memorial Cristóbal de Rojas, a quien ya hemos encontrado alabado por el Capitán General de Artillería como buen matemático, dijo que sabía geometría[25]. Hasta 1595 no consiguió el título de ingeniero *ad honorem* que tanto anheló, y con esta figura nos queda claro que matemáticas y geometría estaban en la base del saber de ingenieros y arquitectos. Sin embargo, siempre fue necesaria la práctica, la experiencia, que es lo que llevó a Rojas a Bretaña. Esa práctica es lo que avaló a Setara, y lo que se registra también en el mismo libro del Consejo de Guerra al contratar como ingeniero a Francisco de Aguilera: la práctica y experiencia que tienen de fortificaciones.

Un tratado de finales de siglo, escrito por un noble militar, Bernardino de Mendoza, unía en su mismo título «teoría y práctica», lo mismo que leemos en el título del tratado de Cristóbal de Rojas. Mendoza se refería a la guerra, pero una parte de esa guerra era la arquitectura militar. En este tratado resulta meridiano el convencimiento de que la ciencia era necesaria, pero también lo era la experiencia. Escribía don Bernardino, que había guerreado en Flandes, que las matemáticas y la geometría eran necesarias, «pues si no se supiesse primero la razon y compostura de las lineas y figuras, podrían mal los architectos traçar los edificios». Sin embargo, esa

cia que tiene de fortificaciones avemos acordado de mandarle reçebir como por la presente le reçebimos por nro. Yngeniero». AGS, Registros del Consejo de Guerra. Libro 27, fols. 90-91.

[24] AGS, Guerra Antigua, leg. 111, fol. 218.

[25] Sobre Cristóbal de Rojas, además de la monografía de E. Mariátegui: *El capitán Cristóbal de Rojas, Ingeniero militar del siglo XVI* (1880), reed. con los *Tres tratados sobre fortificación y milicia*, en Madrid, 1985, véase IHCM, Colección Aparici, tomo VII, pp. 82-150.



4.4. Cristóbal de Rojas: «Fábricas y distribución de un nivel para encaminar las aguas». Teoría y práctica de fortificación*, Madrid, 1598.*

ciencia sola no basta, es necesario saber lo que saben los maestros, gracias a su experiencia, sobre el fondo de los terrenos, los materiales, las piedras que duran más años etc.[26]

A finales del siglo XVI estaba muy claro el bagaje científico que debía tener un ingeniero de fortificación, la diferencia entre ingenieros y maestros estaba también establecida con meridiana claridad, siendo necesaria la colaboración entre ambos para la construcción de esas máquinas de guerra que fueron las fortificaciones. Recordemos que «máquina» llamaba a las fortalezas Belluzzi, ingeniero de Cosme de

[26] B. de MENDOZA: *Teórica y practica de guerra*, Amberes, 1596, pp. 4-5.

Medici, y que Hernando de Acosta se refería también a la ciudadela de Jaca como una máquina.

Ciencia y experiencia debían ir unidas porque, como decía don Bernardino, la experiencia en la guerra era fundamental, pero la guerra era también como el juego del ajedrez, «bivo retrato de la guerra», y en él la teoría era de gran importancia.

II.2. *La imprescindible experiencia*

Nada se podía hacer sin experiencia, sin ella la ciencia no existía, y en ese camino de la modernidad, la obra de los ingenieros de nuevo está en el centro del proceso. Lo mismo para los ingenieros de aguas que para los inventores de máquinas, solamente la experiencia, probar la eficacia de sus ingenios, les convertía en auténticos ingenieros.

En el caso de la arquitectura militar, «porque el fortificar, es fabricar proporcionado a la necessidad, y a los sucesos de la guerra», como escribía Botero en la versión española de Rebullosa publicada en 1605. Resume además una experiencia ampliamente probada, que el arte de la fortificación pensado en formas geométricas regulares pocas veces tenía cabida en las fronteras que había que defender, y que la naturaleza imponía a menudo sus propias reglas con las que tenía que vérselas el ingeniero. El valor de la experiencia lo comprobamos por ejemplo en Escrivá, que por eso hizo dos prototipos de fortificación completamente distintos, el de san Telmo en Nápoles y el de l'Aquila[27]. No fue el único —aunque sí el primero, en la *Apología...*— que puso por escrito la necesidad de la experiencia del lugar y de la guerra; todos los tratados del siglo XVI hacen hincapié en ello. En el de Zanchi, por ejemplo, leemos que el artífice de fortalezas debe conocer las reglas no solo por la razón sino por la experiencia, y debe tener experiencia en la milicia además de conocer la geometría y la aritmética[28].

La experiencia de los militares les hizo imprescindibles, y los ingenieros debían adquirir esa experiencia en el reconocimiento de los lugares y el conocimiento de la guerra. Nadie era alabado si no era un verdadero experto y unía ciencia y experiencia, así que no puede extrañar que de Enmanuele Filiberto, duque de Saboya y constructor de la ciudadela de Turín, se dijera en 1562 que «de justas, de fortaleças, de sitios, de perspectivas, de cosas de guerra y similes tiene no solamente la theorica, mas la misma esperiencia»[29].

---

[27] F. Cobos, J. de Castro y A. Sánchez Gijón: *Luis Escrivá. Su Apología y la fortificación imperial*, Valencia, 2000.

[28] G. B. Zanchi: *Del modo di fortificar le città*, Venecia, 1560, p. 56. La primera edición de este tratadito fue de 1554.

[29] Citado por C. Promis: *Gl'ingegneri militari che operarono o scrissero in Piemonte dall'anno MCCC all'anno MDCL*, Turín, 1871, p. 74.

Documentos, tratados... nos hablan siempre de la experiencia, y esa fue una de las razones de que a los arquitectos militares e ingenieros se les pagara tan bien, mucho mejor que a otros profesionales de la época, aunque pudieran equipararse en formación. La experiencia es una de las claves de esta profesión, pero también provocaría la incomprensión de muchos, que no encontraban razón para tanta diversidad de opiniones como la que generaba una obra de fortificación. Parecía no haber reglas, al tiempo que los tratados se multiplicaban. Se decía que los hombres del «harte de la ynginiería son de condición que de sí mesmo siempre quitan y ponen y se contradicen unos a otros y jamás ay conformidad en cossa que diga el uno que el otro no contradiga»[30].

Quizá por ese valor de la experiencia, la mayoría de los ingenieros se formaron al lado de otros ingenieros: Cristóbal y Francisco Antonelli al lado de su tío Juan Bautista; Francisco Fratin también con sus ilustres parientes: el capitán Jacome Palearo Fratin y Jorge Palearo Fratin; Bartolomé de Rojas al lado de su padre Cristóbal de Rojas, que pedía para el niño de diez años algún sueldo para que pudiera seguir formándose, ya que sabía escribir, «y comienza a devujar, y hechar lineas de fortificación». Lo consiguió y en ese año de 1613 el Consejo de Guerra aprobó que se le diera al hijo «una plaza de quatro ducados con que se vaya criando». A don Fernando de Girón le pareció que don Agustín Messia se había quedado corto y opinó que se le debían dar 12 ducados al mes «como se ha dado, no solo ha hijos de ingenieros, pero de criados para que se vayan introduciendo en esta profesión, en consideración de la mucha falta que hay de gente en ella». Finalmente, el decreto recoge que el sueldo para el hijo sea de diez escudos para que se instruya en fortificación al lado de su padre[31]. Todo esto sucedía un año antes de que Rojas muriera, y su hijo Bartolomé acabó siendo ingeniero militar en Flandes, participando en la toma de Breda, y formando parte del reducido cuerpo de seis ingenieros que el marqués de Leganés quiso incluir dentro de la escala militar en 1633[32].

Tenían que tener experiencia en la guerra, y así encontramos a Spannocchi yendo con el marqués de Santa Cruz a la jornada de las Azores para adquirir esa

30 AGS, *Guerra Antigua*, leg. 283, fol. 127. Citado en A. Cámara: «Del papel a la realidad. Tratadistas e ingenieros militares en el mundo hispano-portugués», en C. García Peña (coord.): *Cabo Verde. Fortalezas, gente y paisaje*, Bilbao, 2000, pp. 52-79. Sobre este valor de la experiencia en las fortificaciones de la monarquía de los Austrias ver, A. Cámara, "Les fortifications de la monarchie espagnole. Un système basé sur l'experience". En I. Warmoes, y V. Sanger, *Vauban, bâtisseur du Roi-Soleil*. Somogy Editions d'Art, Cité de l'architecture et du patrimoine, Musée des Plans-reliefs. París, 2007, pp. 48-54.

31 A. Cámara: «La arquitectura militar y los ingenieros de la monarquía española: aspectos de una profesión (1530-1650)». *Revista de la Universidad Complutense*, n.º 3, 1981, pp. 255-269.

32 Sobre este ingeniero, documentos transcritos en la Colección Aparici, tomo VII, del Instituto de Historia y Cultura Militar de Madrid.

4.5. Cristóbal Antonelli: Los Alfaques de Tortosa, *1580. Archivo General de Simancas.*

experiencia de guerra que le faltaba a su llegada a España[33]. De Spannocchi en ese momento recordaba Mosquera de Figueroa escribiendo sobre esta jornada de las Azores que era «caballero del hábito de san Juan, exercitado en las Matemáticas, mostró con estendido discurso, y mucha advertencia y puntualidad la descripción de esta isla [se refiere a la Isla Tercera] assí en lo que toca a la Cosmografía, como a la Geografía, con toda particularidad de lugares»[34], lo que es un resumen de los niveles de conocimiento y representación del orbe: cosmografía, geografía y corografía, en las que debían entender los grandes ingenieros.

II.3. *Academias y tratados*

Sobre las academias se ocupa, en este mismo libro, otro autor; pero es preciso aludir a un proyecto de academia de ingenieros que marca un punto de inflexión en la formación de estos profesionales. Se trata del proyecto de Academia para Milán que planteó el ingeniero Cristóbal Lechuga con el apoyo del gobernador de Milán, el conde de Fuentes, en el que se pone de manifiesto que las fronteras que hoy nos

33 A. Cámara: «Tiburzio Spannocchi, Ingeniero Mayor de los Reinos de España», *Espacio, Tiempo y Forma*, UNED, n.º 2, 1988, pp. 77-91.

34 C. Mosquera de Figueroa: *Comentario en breve compendio de disciplina militar, en que se escribe la jornada de las islas de los Açores*, Madrid, 1596, fols. 70v, 71 y 98.

empeñamos en trazar entre los ingenieros que llamaríamos de obras públicas, y los arquitectos militares, estaba sin definir. El conde de Fuentes era uno de esos nobles militares expertos en fortificación que ya en 1597 había examinado en Madrid los planes de fortificación de Cádiz junto con el ingeniero Cristóbal de Rojas.

Las medidas de las fortificaciones regulares, por no hablar de las irregulares, en las que mandaba la experiencia, fue uno de los temas que más polémicas despertó, y son muchos los testimonios al respecto. Ya citamos algunos, pero uno de los más expresivos es el de Antonio de Herrera, que había sido secretario de Vespasiano Gonzaga, y que escribió: «Son los Ingenieros como los Médicos, que siempre discordan»[35]. Cristóbal Lechuga defendió la necesidad de una academia de ingenieros, entre otras razones, «para establecer bien las medidas y partes de una fuerza [...] viendo tanta diversidad de opiniones como tienen los auctores que escriven de fortificación».

Esa Academia comenzó a funcionar en Milán en enero de 1608 por orden del conde de Fuentes, y a ella asistían «personas de experiencia en guerra». Lechuga en su tratado, del que están tomadas estas palabras, da toda una serie de reglas que sistematizan las medidas, partes de una fortificación, fases de construcción, materiales, etc., proponiendo modelos desde cuatro hasta doce lados en un tratado bastante técnico, pero en el que se tocan siempre las aplicaciones prácticas, y que haría para que sirviera de texto en esa Academia.

En la Academia ideal que propuso Lechuga se trataría de fortificaciones, guerra, máquinas, descripciones de países «y de las demás cosas de ingenieros». Los ingenieros allí formados podrían ir a la guerra, pero también visitar España para ocuparse de los riegos, de manera que hubiera abundancia de trigo. Podrían hacer palacios suntuosos, jardines, ingenios, acequias, molinos...[36]

Si Lechuga no hacía distinciones entre unos y otros ingenieros, no seremos nosotros quien las hagamos. Lo que diferenció a unos de otros fue más el nivel alcanzado en la profesión, ya que muchos no pasaron de maestros, que una especialización a priori.

La ciencia, unida a la experiencia, se quiso codificar para llegar a una serie de reglas que permitieran avanzar en el conocimiento. Libros sobre máquinas, tratados sobre las aguas, sobre arquitectura militar... se dieron a la imprenta, aunque también muchos permanecieran manuscritos.

Escribir un tratado fue considerado un mérito, y los españoles que lo hicieron eran recordados como modelos en el siglo XVII: en 1672, Andrés de Ávila Heredia afirmaba en la dedicatoria de su obra que había servido al rey de España en Flandes

35 A. de Herrera: *Tratado, Relación y Discurso histórico de los movimientos de Aragón... y de su origen y principio...,* Madrid, 1612, p. 134.

36 C. Lechuga: *Discurso del Capitán Cristoval Lechuga en que trata de la artillería y de todo lo necesario a ella. Con un tratado de fortificación y otros advertimientos*, Milán, 1611, pp. 239-245 y 274-275.

y se consideraba entendido en disciplina militar y matemáticas. Por lo tanto, comparable al Comendador Tiburzio Spannocchi, del que citaba su escrito sobre la manera de remediar las inundaciones del río Guadalquivir en Sevilla. Recordaba también a Cristóbal de Rojas, a Luis Collado, a Cristóbal Lechuga y a Julio César Firrufino, todos los cuales fueron premiados por sus respectivos tratados[37].

III

El ejercicio de la profesión

El poder siempre ha controlado la ciencia porque de su control nace el poder y se perpetúa. La monarquía española pretendió controlar todo lo referente a los territorios bajo su dominio, y en esa tarea la labor de los ingenieros fue determinante. Y no olvidemos los mares que hubo que explorar, desde el viejo Mediterráneo, tan conocido desde la Antigüedad pero necesitado de cartas náuticas modernas que facilitaran su control, al Caribe o al Pacífico. ¿Qué hacer con semejante desmesura en el siglo XVI?

III.1. *Controlar el territorio y las fronteras*

A lo largo del siglo XVI se produjeron ciertos cambios en la profesión de ingeniero de fortificación en relación con la mayor o menor independencia respecto a los militares. Desde un Juan Bautista Calvi independiente y que se atrevió a iniciar una fortificación como la de Ibiza sin que la traza hubiera sido aprobada[38], hasta un Bautista Antonelli recorriendo el Caribe en compañía del Maestre de Campo Tejeda, hay una buena distancia. Lo normal desde los años sesenta fue que un militar y un ingeniero viajaran juntos para informar sobre las posibilidades de fortificación: Fratin con Pedro de Velasco en el reino de Valencia y en Baleares, el mismo ingeniero o Juan Bautista Antonelli con Vespasiano Gonzaga...

En el tratado de Marchi se indica, ya a mediados del siglo, que para erigir una fortaleza hacen falta un arquitecto que haga los diseños y organice la fábrica y un soldado práctico y experto en la milicia que conozca el lugar. En la práctica de la ingeniería de fortificación en los reinos de la monarquía española ambos debían

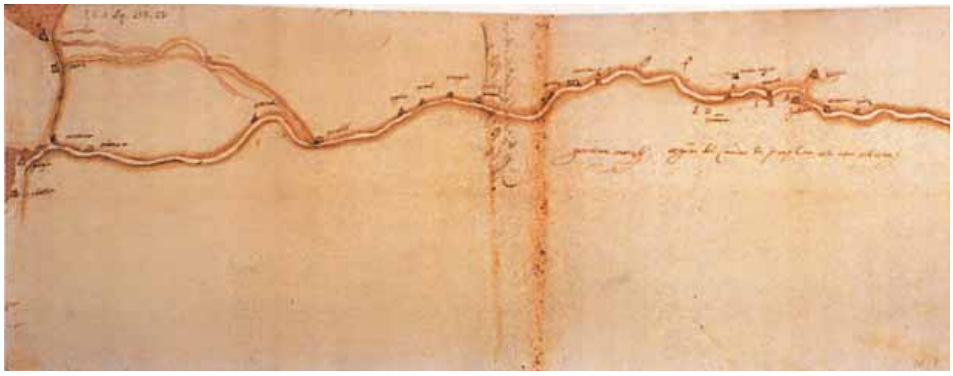
37 A. de Ávila Heredia: *Variedad con fruto*, Valencia, 1672. «Señor, aviendo pasado desde mi corta edad a los Estados de Flandes y servir a V. Majestad y aplicándome tanto a la disciplina militar, como a las Matemáticas, por la pública estimación con que la grandeza de V. Majestad las ha favorecido, como lo publican los ejemplares del Comendador Tiburzio Spanoqui, honrándole con una Encomienda de San Iuan con el Título de Ingeniero Mayor y con la merced de Gentil Hombre, sin detenerme en los que recibió por el parecer que dio a la Ciudad de Sevilla, sobre los reparos que convenían para la inundación del Río Guadalquivir, su fecha en Sevilla a 25 de junio de 1604. No participó de menos mercedes el Capitán Christóval de Rojas por el libro que escribió de fortificación y Luis Collado y el Capitán Christóval Lechuga y finalmente a Iulio César Fray Rufino [sic] , que escribieron de Artillería fueron honrosamente premiados sin otros muchos que omito [...]».

38 F. Cobos y A. Cámara, *De la fortificación de Yviça*, Ajuntament d'Eivissa, Eivissa, 2008.

conocer el lugar, y de ahí los desplazamientos por toda la geografía de ambos profesionales. Marchi añadía otros más que no solían actuar en la práctica, pero que reflejan hasta qué punto para este tratadista, y para la época, el arquitecto militar se encuadraba dentro de la arquitectura vitruviana. Porque los otros eran un médico que conociera el aire y el agua del lugar, así como los frutos de esa tierra, un hombre que supiera de agricultura para saber si la tierra iba a ser fructífera, otro que supiera de minerales, un astrólogo capaz de decir bajo qué clima se encontraba ese lugar y el año, mes, día, hora y minuto en que había que comenzar la fortaleza[39]. Así, con la ciencia y los astros a favor, se darían comienzo esas grandes máquinas de guerra.

Un ingeniero de fortificación, Juan Bautista Antonelli, acabó ocupándose de obras de ingeniería de tanta envergadura como fueron el desplazamiento de las tropas españolas a Portugal y la navegación del Tajo. Sus enfrentamientos con Vespasiano Gonzaga y su fracaso como arquitecto militar en el fuerte que hizo de Bernia (Valencia) no le quitaron un ápice de estima por parte del duque de Alba, quien en 1580, con ocasión de la Jornada de Portugal, le envió a reconocer los caminos y posibles alojamientos para el ejército. Tres años más tarde fue también el encargado de estudiar el camino que debían seguir el rey y su corte en su regreso de Lisboa[40]. Antonelli escribió que, además de su profesión como ingeniero, Dios le había dado la habilidad de «saber cómo se ha de conducir un exército por tierras amigas y enemigas», lo que le hizo triunfar pese a su relativo fracaso en la arquitectura militar.

También Jerónimo Marqui, otro arquitecto militar que sustituyó a Setara en Perpiñán, se ocupó de reconocer el camino que iba desde Pamplona hasta la herrería de Egui en Guipúzcoa, por el que se llevaba la pelotería para la artillería. Había



4.6. Jerónimo Marqui: Camino de Pamplona a San Sebastián, *finales del siglo XVI. Valladolid, Archivo General de Simancas.*

[39] F. de MARCHI: *Architettura militare*, Biblioteca de El Escorial, Ms. f-I-6, fol. 12v, Biblioteca Nacional de Madrid, Ms. 12730, fol. 11r-v.

[40] A. CÁMARA, "Giovanni Battista Antonelli e la definizione professionale dell'ingegnere nel Rinascimento spagnolo". En M. SARTOR (a cura di), *Omaggio agli Antonelli*. Forum, Udine, 2004, pp. 163-198.

4.8. Felipe II como rey Salomón. *Lucas de Heere,* La visita de la reina de Saba al rey Salomón, *Catedral de Gante.*

4.7. El Greco: **Vista de Toledo,** *h. 1610-14 (Casa Museo de El Greco, Toledo). Juan Bautista Antonelli propuso a Felipe II hacer navegables algunos ríos de España, contribuyendo con esta obra de ingeniería al viejo sueño de unidad peninsular, después de la anexión de Portugal. Comenzó reconociendo las posibilidades del Tajo, y navegando por él durante siete meses, desde Abrantes; llegó a Madrid el 11 de febrero de 1582. El progreso se iba a notar tanto en la logística militar –fue posible embarcar tropas de infantería camino de Lisboa– como en un abaratamiento de costes y un crecimiento de la industria. Esta navegación hizo posible imaginar a Toledo como puerto de mar al que podrían llegar barcos desde Filipinas, China o Perú. El ingeniero vio celebrado su éxito por los humanistas de la ciudad un año antes de morir, cuando en 1587 llegaron a Toledo las reliquias de santa Leocadia. En uno de los arcos triunfales erigidos se representó a Felipe II y a sus hijos navegando por el Tajo en una chalupa, con un epigrama en latín escrito por Antonio de Covarrubias en el que aludía a la unión de Toledo con el mar a través del Tajo. El río, personificado por El Greco a la manera de los grandes ríos de la Antigüedad clásica en el joven dorado de la vista de Toledo, funde mito con ingeniería en la construcción histórica del imperio filipino.*

que repararlo y fue él quien se ocupó de ello, haciendo un dibujo del camino en el que fue detallando con letras aquello a que hacía referencia en la relación[41]. Había que ensanchar y mejorar puentes, cambiar el trazado del camino para evitar cuestas innecesarias para los carros. Para todo ello hacían falta unos cincuenta canteros y carpinteros y ciento cincuenta peones, que en tres meses lo podrían poner en buen estado. Con mil trescientos ducados más o menos se pagaría a los oficiales y con otro tanto a los peones. Incluso pone como ejemplo un camino que él vio hecho en Orán para subir al castillo de Santa Cruz. Había que reformar también la misma fundición, haciendo nuevos almacenes y aposentos... Las comunicaciones que permitían el traslado de ejércitos (sobre todo) y personas fueron una de las obras políticas (públicas, las llamaríamos hoy día) de las que fueron responsables los ingenieros.

La mejora de las comunicaciones por tierra no ocultó la necesidad de incorporar los ríos a esa red que iba a permitir el enriquecimiento de los reinos facilitando el transporte de mercancías. En ese contexto se inscribe el proyecto de la Acequia Imperial de Aragón, supervisada por el matemático, geómetra, y experto en canalizaciones Pedro de Esquivel, aunque fueran otros los maestros que la construyeran, así como el famoso proyecto de Juan Bautista Antonelli para hacer navegables los ríos de España. Comenzó con la navegación del Tajo, pero no paró con ello, y en febrero de 1584 informaba que iba a reconocer la «Argonáutica de Duero, Pisuerga y Arlanza hasta Burgos y Soria». Como «argonáutica» había definido Ambrosio de Morales la navegación del Tajo cuando se acercó a ver pasar el barco de Antonelli remontando el río, porque Argos fue la nave en la que navegaron Jasón y sus compañeros, y fue tal el entusiasmo de todos ante esta empresa que emulaba las de la Antigüedad, que este humanista le dijo que celebraría su hazaña, como cronista que era del rey. En el mismo sentido de celebración del progreso por parte de las letras recordemos que a Ambrosio de Morales debemos una de las mejores descripciones del reloj de Juanelo Turriano.

¿Cuál era el propósito de esta navegación del Tajo? Fundamentalmente, trasladar por río al ejército, materiales... y abrir la navegación «a los pescados», porque los portugueses habían puesto en la frontera, en Abrantes, barreras para impedir que los peces remontaran el río. Había que poner fin a esa situación, con lo que la alimentación de los pueblos de Extremadura y Toledo mejoraría notablemente, ya que, según Antonelli, en ellos los vecinos no comían mas que sardinas rancias y bacalao. Sobre el traslado de ejércitos, varios datos hacen pensar que fue un éxito. En mayo de 1582 proclamaba que era la primera vez que en España se iba a embarcar infantería a cuarenta leguas del mar, y el 2 de junio informaba desde Herrera, lugar del embarque, que ya había embarcado la última de las veinte compañías camino de Lisboa. En mayo de 1583 fue Alcántara el lugar en el que embarcaron para Lisboa 19 compañías de infantería. Acerca del traslado de materiales, en diciembre de 1587 se tuvo que ocupar de que llegaran hasta Lisboa por el río 664 tablones. Porque, aunque Juan

[41] AGS, Guerra Antigua, leg. 217, fol. 26.

Bautista Antonelli dio su cometido en el Tajo por concluido en octubre de 1582, en realidad siguió ocupándose de la navegación del río hasta 1587, aunque en esos años reconociera también otros ríos, tal como se ha dicho anteriormente[42].

La voluntad de hacer navegables los ríos ocupó también a otros profesionales que podríamos llamar geógrafos, y así el cosmógrafo Juan Bautista Lavaña reconoció en 1607 el río Duero para estudiar las posibilidades de navegación[43]. Por su parte, otro arquitecto militar y excelente dibujante, Leonardo Turriano, que en 1600, siendo ya Ingeniero Mayor de los Reinos de Portugal, se declaraba hijo del capitán Bernardino Turriano[44], por lo que nada tendría que ver con el famoso Juanelo, se ocupó de obras de ingeniería «civil», además de fortificaciones, de las que no vamos a hablar aquí. En 1584, durante su destino en Canarias, se ocupaba de la construcción del muelle de la isla de La Palma. En 1624 informó sobre la posibilidad de navegación del río Guadalete, para hacer un canal navegable entre el Guadalete y el Guadalquivir. Si no se hacía, sería necesario cambiar la contratación con las Indias desde Sevilla a Jerez.

Precisamente para Jerez había dibujado un proyecto de canal navegable en 1581 el ermitaño ingeniero fray Ambrosio Mariano Azaro, a fin de facilitar la comunicación y el traslado de mercancías con el río Guadalete[45]. Sabemos que finalmente se trasladaría el comercio con las Indias desde Sevilla a Cádiz, y no a Jerez, pero es importante saber hasta qué punto la mejora de las comunicaciones estuvo en manos de ingenieros que a veces fueron expertos en fortificación, pero también en el control de las aguas, de caminos, etc., como demuestran Leonardo Turriano y Juan Bautista Antonelli.

Sobre esa indefinición profesional del ingeniero, resulta muy esclarecedor cómo se definió a sí mismo Leonardo Turriano en la fantástica descripción que hizo de las islas Canarias: historiador, geógrafo y arquitecto militar (anotemos que no se llama ingeniero aunque lo fuera por nombramiento). Además de intelectual, claro está, nada de oficios mecánicos en el mundo científico de los ingenieros. En 1598 decía que había escrito dos libros, que desconocemos, salvo que se refiera a las descripciones que hizo de Canarias y de Orán, y otros estudios. Desde 1598 hasta su muerte en 1628 fue Ingeniero Mayor de Portugal[46].

---

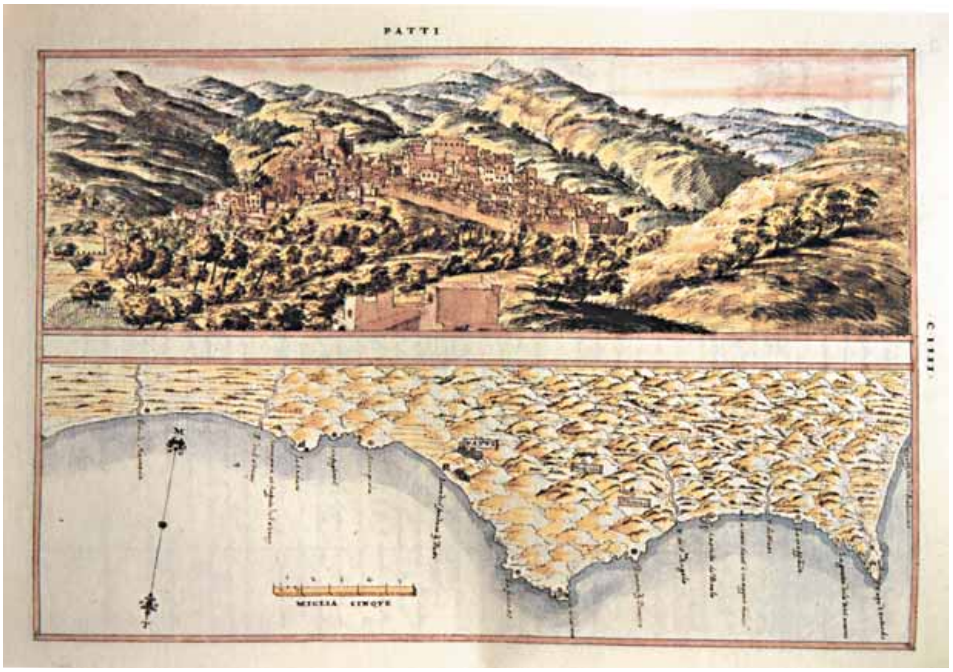
[42] Sobre la navegación del Tajo, AGS, Guerra Antigua, leg. 120, fols. 299, 300, 313, leg. 122, fols. 31 a 36, leg. 123, fols. 16-17-18.

[43] Copia de cédula de 23 de diciembre de 1607 para que se le permita hacer ese reconocimiento. IHCM, Colección Aparici, tomo LII, p. 240.

[44] L. Cervera Vera: *Documentos biográficos de Juanelo Turriano*, Madrid, 1996, p. 267.

[45] N. García Tapia, *op. cit.* (1989), pp. 472-475.

[46] Sobre este ingeniero, F. J. Martín Rodríguez: *La primera imagen de Canarias. Los dibujos de Leonardo Torriani*, Santa Cruz de Tenerife, 1986. A. Cámara, "Imágenes de la Orán y Mazalquivir de Vespasiano Gonzaga en un manuscrito inédito de Leonardo Turriano", en *Vespasiano Gonzaga nonsolosabbioneta. Giornata Internazionale di Studi 2005 in onore di Umberto Maffezzoli*. Il Bulino edizioni d'arte, Modena, 2008, pp. 9-28. En la actualidad preparo un estudio sobre este ingeniero, junto con Rafael Moreira, por encargo de la Fundación Juanelo Turriano.



4.9. Tiburzio Spannocchi: Patti. Descripción de las marinas de todo el reino de Sicilia*, h. 1578, Biblioteca Nacional, Madrid.*

III.2. *El dibujo y las relaciones*

Los dibujos de los ingenieros sobre el territorio fueron verdaderos «retratos». La palabra retrato la asociamos únicamente a la representación de personas, pero es muy frecuente encontrarla en la documentación de los ingenieros, que hacían «retratos» de ciudades, de costas, de montes... con toda la fidelidad al modelo posible, lo mismo que hacían los pintores cuando retrataban a un personaje. Desde la corte, trasladada a Madrid en 1561, se controlaban todas las decisiones acerca de los territorios. Para ello lo primero era conocer el objeto sobre el que se iban a tomar decisiones. Muchos profesionales se ocuparon de poner ante los ojos de los miembros de los consejos y del mismo rey la realidad sobre la que había que actuar.

Sin la habilidad y maestría de pintores y dibujantes no conservaríamos esos testimonios que hablan de ciencia y arte en el Renacimiento. Dibujos como los de Francesco di Giorgio Martini, o los de Marchi, Spannocchi o Turriano, nos introducen en ese universo de imágenes en las que «retratar» la realidad sin mentir ni idealizar era fundamental como instrumentos políticos que fueron, pero en los que muchas veces no estuvo ausente la belleza. No jugaron un papel menor los instrumentos científicos, como los que incluye Rojas en su tratado, que permitían medir un territorio ya fuera con fines de paz o de guerra: había que fortificar «con el compás en la

mano y compostura de lineas», que decía Bernardino de Mendoza[47]. O, como escribía Librán maestro de obras de Bugía que quería medrar demostrando su capacidad para el dibujo, las trazas que enviaba al rey en 1543 estaban hechas con «jumetría y prespetiba»[48]. Esa capacidad de dominio del dibujo basado en principios científicos fue una de las cuestiones que contribuyeron a definir la profesión de ingeniero.

Cuando Spannocchi hizo su *Descripción de las Marinas de Sicilia* escribió que de las medidas estaba seguro, pero no así de los nombres porque variaban según a quién se preguntara. Y es que conocer no solo es dibujar, es también nombrar, y por eso en el trabajo de los ingenieros palabra e imagen siempre caminaron de la mano[49].

Para conocer y poder intervenir sobre el territorio y las fronteras de cualquiera de las monarquías y estados de este siglo XVI el dibujo fue absolutamente necesario. Se ha dicho que en el Renacimiento nada que no estuviera dibujado existía, y la capacidad para el dibujo de muchos de los ingenieros les hizo imprescindibles. En su labor de reconocimiento del territorio y traza de fortificaciones fueron acompañados por militares (o a la inversa), y suplieron la carencia de habilidad en el dibujo de estos. Una vez más ha de insistirse en ello, en este caso utilizando a Cristóbal de Rojas, quien en su tratado escribió que «los Maestres de campo, y soldados viejos tienen tanto voto en la fortificación, porque lo tratan al vivo, y lo demás es pintado»[50]. La pintura de los ingenieros y sus ayudantes, la experiencia de los militares: confluir en una misma profesión fue un proceso largo y complejo.

---

[47] B. de MENDOZA, *op. cit.*, p. 27.

[48] AGS, Guerra Antigua, leg. 23, fol. 19. Es un texto de enorme interés porque define la diferencia entre la perspectiva, que no deja ver toda la obra, sino solo una parte, y lo que luego se llamó perspectiva caballera o militar que permite ver todos los elementos de la fortificación. Dice así: «el de los seis angulos es en prespetiba y por eso no se bee sino de una parte y el quadrado es que se bee de dentro y de fuera y por ençima plaça e baluartes del artilleria y a donde la tiene de cada parte se vee muy a cumplimiento [...]». Por otra parte en ningún momento dice que esas trazas las proponga para Bugía, pese a que siempre se han considerado así. Librán dice que son «cieros deseños et traças de castillos y fortalezas a las quales V. Md les dará el entendimiento que mejor le pareciere por quanto son fechas aquí en Bujía en tiempos ociosos [...]»

[49] Sobre Spannocchi y sus descripciones, A: CÁMARA" hasta "(en prensa)" incluido, y cambiarlo por: A. CÁMARA, "Chorographie et fortification. Spannocchi au service de la monarchie espagnole". En I. WARMOES, E. D'ORGEIX, CH. VAN DEN HEUVEL (dir.), *Atlas militaires manuscrits européens (XVI-XVIII siècles). Forme, contenu, contexte de réalisation et vocations*. Musée des Plans-reliefs, París, 2003, pp. 59-74. Después de "...octubre 1991, pp. 24-30", añadir. Recientemente he retomado el tema en "Medir para el rasguño y dibujar para el Atlas. Los Ingenieros Mayores de Felipe III", en el Catálogo de la Exposición *España en el Mediterráneo. La construcción del espacio.* CEDEX-CEHOPU, Madrid, 2006, pp. 68-77. Más general, A. CÁMARA: «El dibujo en la ingeniería militar del siglo XVI», *A Distancia*, UNED, Madrid, octubre 1991, pp. 24-30. Entre las muchas contribuciones al estudio del dibujo en la ingeniería, ver D. LAMBERINI: «Funzioni di disegni e rilievi delle fortificazioni nel Cinquecento», en VV. AA.: *L'architettura militare veneta del Cinquecento*, Milán, 1988, pp. 48-61. Más recientemente, resulta fundamental para la cartografía generada por los ingenieros C. BOUSQUET-BRESSOLIER: *Le paysage des cartes, genèse d'une codification*, París, 1999.

[50] C. de ROJAS, *op. cit.*, fol. 30.

Con frecuencia el Consejo de Guerra del rey llamaba a los que habían reconocido los territorios para que aclararan dudas si las había, razón por la que las relaciones y trazas eran llevadas a la corte siempre por personas capacitadas y desde luego de mucha confianza[51]. Cuando no era posible, por tratarse de lugares lejanos, siempre se insistía en que la traza había que enviarla «con una relaçion tan clara y distinta que se pueda entender acá», como se decía en la instrucción dada al ingeniero Benvenuto Tortelli, que debía viajar a Otranto y Bari para informar de sus fortificaciones al rey[52].

Cabe, sin embargo, una duda: ¿siempre fueron los ingenieros los que dibujaron o cuando no tenían esa habilidad especial hubo un dibujante que introduciría un eslabón más en la cadena del proyecto? No cabe extrañeza ante la noticia de que un militar en sentido estricto como fue Luis Pizaño se valiera del dibujante Joan Francolí, nieto por cierto de un maestro de la acequia de Urgel a fines del XV, para dibujar sus proyectos[53], pero sí nos puede extrañar que la capacidad del dibujo no acompañara a algunos de los arquitectos militares, que tuvieran que recurrir a dibujantes.

Cuando se pensó en Setara para ir al estrecho de Magallanes, don Francés de Álava decía que «para la esecucion de la traça sera bien que vaya con el Juan Cornejo»[54], del que nada sabemos, pero que parece ser el dibujante necesario para llevar a papel la traza. Por otra parte, sí sabemos que Juan Bautista Antonelli tuvo un ayudante que hacía los «papeles y modelos». Se llamaba Antón Coll y estuvo con este ingeniero ocho años; luego estaría otros quince con el capitán Fratin. Esos veintitrés años al lado de estos ingenieros encargado de materializar trazas y modelos le daban, según él, méritos como para pedirle a Felipe II título y sueldo de ingeniero[55].

¿Cabría hablar de una categoría de «ingenieros dibujantes»? Antón Coll, desde 1586, se ocupó de las fortificaciones de San Felipe de Setúbal y San Juan de Lisboa, de las que se había ocupado el capitán Fratín hasta su muerte. En su solicitud del título de ingeniero decía que había hecho todos los rasguños y medidas de las fortificaciones en las que había trabajado Fratin, de quien se declaraba discípulo[56], y no deja

---

51 Uno de los ingenieros que hizo frecuentes viajes a la corte para llevar las trazas de su maestro fue Jerónimo de Soto, formado con Spannocchi, su discípulo por excelencia. Sabemos de lo completo de su formación gracias a su biblioteca: A. LASO BALLESTEROS: «Tradición y necesidad. La cultura de los ingenieros militares en el Siglo de Oro: la biblioteca y la galería del capitán don Jerónimo de Soto», *Cuadernos de Historia Moderna*, 12, Universidad Complutense de Madrid, 1991, pp. 83-109.

52 AGS, Estado, leg. 1143, fol. 43.

53 D. MARTÍNEZ LATORRE, *Giovan Battista Calvi ingeniero de las fortificaciones de Carlos V y Felipe II (1552-1565)*. Ministerio de Defensa, Madrid, 2006.

54 AGS, Guerra Antigua, leg. 111, fol. 218. No resulta claro si se refiere a un dibujante o a un maestro que construyera la obra.

55 A. CÁMARA, *op. cit.* (1991), p. 26.

56 AGS, Guerra Antigua, leg. 186, fol. 197.

de ser sintomático que no se declare discípulo de Juan Bautista Antonelli, con el que también había trabajado, pero que ya vimos que había fracasado como ingeniero de fortificación[57].

El tema de los modelos o maquetas de las fortificaciones está por estudiar y no por falta de documentación, que la hay a montones, sino por falta de modelos conservados de fortificación. Viendo otras de ciudades o de edificios del siglo XVI, así como los documentos que hablan de ellas, podemos imaginar cómo eran. En madera o en barro, permitían una mejor comprensión de las características del lugar y de la fortificación, puerto, etc. que se iba a construir, porque, como decía Marchi, gracias a esos modelos «meglio possa porre a memoria la fabrica che havra da fare»[58].

La habilidad para el dibujo y la capacidad para explicar las características de un territorio o de una fortificación fueron también imprescindibles para los espías, que lógicamente proliferaron en esta Europa en guerra del siglo XVI en la que las fronteras se erizaron de fortificaciones. Un carta al rey desde Argel en 1578[59] de un tal Benedito Pito, sin duda un espía en ese mundo de espionaje continuo que fue el Mediterráneo, informaba que había hecho un «retrato» de Argel y sus alrededores tal como eran, porque

> está hecho por la linea de los vientos ansí de la costa marítima de Matifuz y de Laxine como los castillos que se guardan el uno al otro y con la tierra y ansí hay en el retrato una medida que es la medida donde V. Md. podrá saber quanto ay del un castillo al otro y quanto rodea la tierra y quanto ay de la boca del puerto a la tierra, porque quando el retrato de la tierra se ha hecho se ha hecho conforme los passos que rodea con la medida que está allí y ansi mismo de los castillos... y del puerto, y todo esto se ha hecho a la medida como está allá, y estos son los passos como de tres palmos[60].

Hacer retratos de la ciudad y el territorio, y medirlos de acuerdo a una escala que siempre debía existir pero cuya medida base variaba, fue una de las grandes preocupaciones de los ingenieros hasta llegar a la unificación del siglo XVIII, pero también lo fue de los espías, que debían dar fidedigna cuenta de las ciudades y territorios enemigos que espiaban.

Citando de nuevo a Bernardino de Mendoza, este decía que era necesario tener espías, y a la vez tener cuidado con los espías enemigos, impidiendo siempre a los forasteros caminar por murallas y fosos, que es algo que no se olvida de avisar Castillo de Bobadilla en su Política para Corregidores: los centinelas de la ciudad debían impedir a cualquier forastero andar por las murallas porque solían ser espías

---

57 El memorial con sus servicios, siempre en relación a Fratín, quien según él «avía criado a Antón Coll a su modo», en AGS, Guerra Antigua, leg. 205, fol. 47.

58 F. de MARCHI: *Architettura militare*, BNM, Ms. 12730, fol. 1.

59 Recordemos que Argel era el mayor peligro para las costas del Mediterráneo occidental por ser la base de los corsarios, en tiempos de Barbarroja, luego de Dragut, con sus peligrosas asociaciones con Francia para atacar a España.

60 AGS, Guerra Antigua, leg. 88, fol. 336.

que iban a «dar relación de las fortificaciones, o tomar la medida de la altura de las murallas, para hacer escaladas»[61].

Ese miedo al espía, al enemigo que se puede enterar de lo que se está proyectando para la guerra de frontera, explica que cuando el ingeniero Casale murió tuviera en su poder unos trescientos dibujos, entre borradores y trazas, pero que en ellas no hubiera ningún dato de a dónde pertenecían «porque no pudiessen servir tan comodamente a quien se las hurtase»[62]. Un ingeniero previsor en un mundo en guerra en el que el espionaje era una constante y el dibujo su más preciado instrumento.

El valor del dibujo, cualquiera que sea la vertiente de la profesión de ingeniero a la que miremos (ahí están, sin ir más lejos, los dibujos de *Los Veintiún Libros de los ingenios y máquinas*), llega también a ser reconocido en tratados en principio ajenos a los fines de la ingeniería. Así, a Vicencio Carducho le debemos una de las exaltaciones del valor de la pintura más entusiasta, pero no la escribe para alabar cuadros de historia, mitología, retratos o pintura religiosa, la escribe para afirmar el valor de instrumento político que tiene la pintura en tanto que medio por el que controlar los reinos:

> Con qué tesoro se pagará el hazernos presentes las cosas más remotas, pasadas y futuras, emulando tanto a la misma verdad, que en muchos casos sirve de lo mismo que ella? Quién no se enterará por este medio del sitio y forma de una ciudad, de un castillo fuerte, de un seno y baía del mar, y de los montes, cosa importante a las Monarquías, no solo para adornar las galerías y Palacios Reales con semejantes pinturas, sino también en casos arduos, para que sirva a la defensa de nuestros Reinos, y ofensa de los estraños?[63]

Entraríamos así en las galerías de mapas y vistas de ciudades y fortalezas que tuvieron todas las cortes, pero no vamos a emprender ese camino en esta breve síntesis de la profesión de ingeniero.

III.3. *La arquitectura militar*

En este libro, otro autor habla específicamente de la fortificación, por lo que aquí nos limitaremos a dar unos trazos tomando como hilo conductor a un tratadista, Francesco de Marchi, que redactó su tratado a mediados del siglo XVI y que, manuscrito, fue manejado en distintas cortes como la de los Medici, la de los Farnesio o la española, aunque no se publicara hasta finales de ese siglo[64]. A través

---

61 B. de MENDOZA, *op. cit.*, p. 146. CASTILLO DE BOBADILLA: *Política para Corregidores*, Madrid, 1597, p. 568.

62 AGS, Guerra Antigua, leg. 408, fol. 172.

63 V. CARDUCHO: *Diálogos de la pintura, su defensa, origen, esencia, definición, modos y diferencias (1633)*. Ed. de F. CALVO SERRALLER, Madrid, Turner, 1979.

64 Sobre Marchi, B. DE GROOF y G. BERTINI: «Francesco de Marchi y la monarquía española», en C. HERNANDO (coord.), *Las fortificaciones de Carlos V*, Madrid, 2000.

4.10. Izda.: Retrato de F. de Marchi, por Giulio Bonasone. *Patrimonio Nacional. Biblioteca de El Escorial.* ***Dcha.: Retrato de F. de Marchi,*** *Madrid, Biblioteca Nacional.*

de él apuntamos algunos temas, como el de la relación con la arquitectura de la época, la finalidad de la arquitectura militar o el carácter político y simbólico de algunas formas de fortificación.

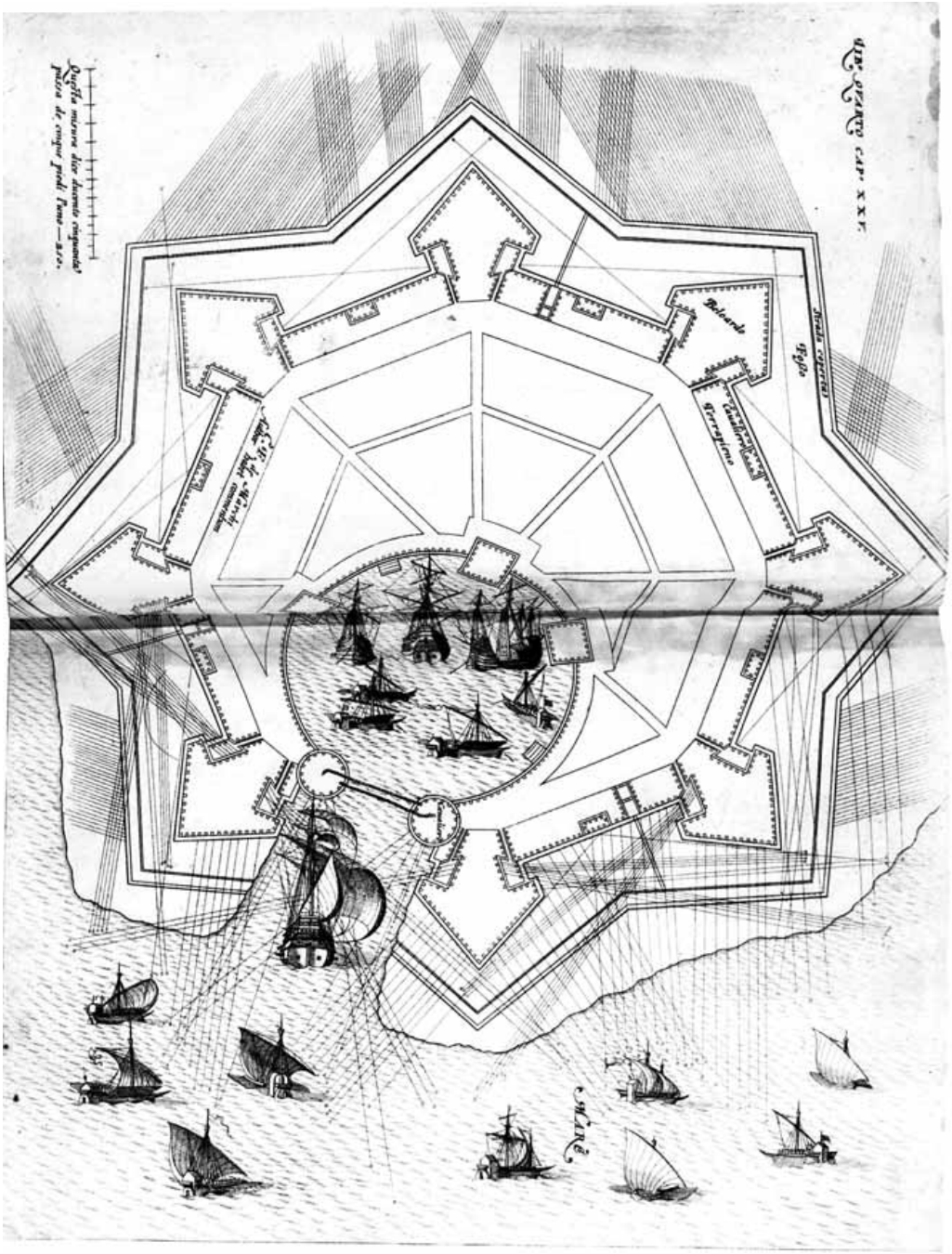
Marchi consideraba que una de las claves de la arquitectura en general, en la que se incluía la arquitectura militar, era que solo los buenos arquitectos harían la «fabrica in modo, che gli altri non vi possano aggiongere, nè diminuire se non viciosamente»[65]. Esa relación entre las partes que impide modificar nada si se quiere que la máquina de guerra funcione[66] fue, como ya apuntamos, una de las características de muchas otras obras de arquitectura en el Renacimiento.

En el manuscrito de este tratado que se conserva en la Biblioteca Nacional de Madrid, Marchi se muestra muy orgulloso de la novedad de sus diseños de fortificación, «cosí di terra come di pietra, mostrandovi figure non più viste, ma tutte ò la maggior parte trovate di novo»[67]. Es curiosa esta observación de Marchi, porque en las fortificaciones no se buscaba la novedad, salvo en aras de la eficacia y la adaptación al lugar, así que lo que está haciendo es trasladar a la fortificación lo que sí era

65 F. de Marchi: *Della architettura militare*, Brescia, 1603, libro segundo, fol. 30.

66 Tema que ha sido estudiado por A. Fara en diversos libros, como *La città da guerra*, Turín, 1993.

67 F. de Marchi: *Architettura militare*, Biblioteca Nacional de Madrid, Ms. 12730, libro primero.



4.11. Francesco de Marchi: Fortificación de un puerto, *Madrid, Biblioteca Nacional.*

un valor reconocido en la arquitectura renacentista, como era la novedad. Nos podríamos quedar con esta observación, pero si tenemos en cuenta que los dibujos de Marchi se vienen considerando un precedente de los sistemas ideados por el famoso ingeniero francés Vauban en el siglo XVII, tendremos que concluir que en este caso la novedad sí tenía que ver también con la eficacia, aunque Marchi solo aludiera a su carácter novedoso.

También este ingeniero y tratadista compendió lo que era la finalidad de la arquitectura militar, «commodíssima et utilíssima», que era mantener a emperadores, reyes, príncipes y grandes señores seguros en sus estados y reinos, por lo que los pueblos debían estar muy agradecidos a los príncipes que fortificaban ciudades, tierras, castillos y villas. Entre los modelos que cita de grandes fortificaciones está la de Milán, que inició el emperador Carlos V y que según él era la mayor fortificación hecha en Europa con baluartes, plataformas, terraplenes, fosos etc., propios de la fortificación moderna[68].

Tanto Marchi como otros ingenieros de este tiempo volvieron los ojos a la Roma de los papas, al igual que lo hacían artistas y arquitectos de todo el mundo, porque el mejor baluarte era el que había mandado hacer el papa Pablo III entre la puerta de San Sebastián y la de San Pablo en Roma, y como podía ser modelo para otros, da sus medidas[69]. En este tratado, la monarquía española y el papado se habrían convertido en protagonistas de la renovación de la arquitectura militar italiana en ese siglo XVI.

La tipología de la ciudadela define también esta época. Pentagonales por ser la forma que aúna eficacia con economía de construcción, acabaron siendo casi un emblema del poder, haciéndose incluso en ocasiones más grandes de lo que la necesidad requería para mantener una tipología perfectamente identificable con el control que el rey ejercía sobre potenciales sublevaciones.

Eso explica la envergadura de la ciudadela de Jaca, construida «con mayor capacidad de lo que para aquel puesto se requería»[70], sin duda porque la imagen primó sobre la necesidad en una obra que pasó de llamarse ciudadela a denominarse castillo debido a la violenta reacción que provocó entre los habitantes de la población, que vieron sus libertades controladas desde el mismo momento en que Spannocchi la trazó[71].

Las ciudadelas controlaban las ciudades que podían sublevarse contra el poder del rey; el debate político sobre su conveniencia fue muy rico en conclusiones, y

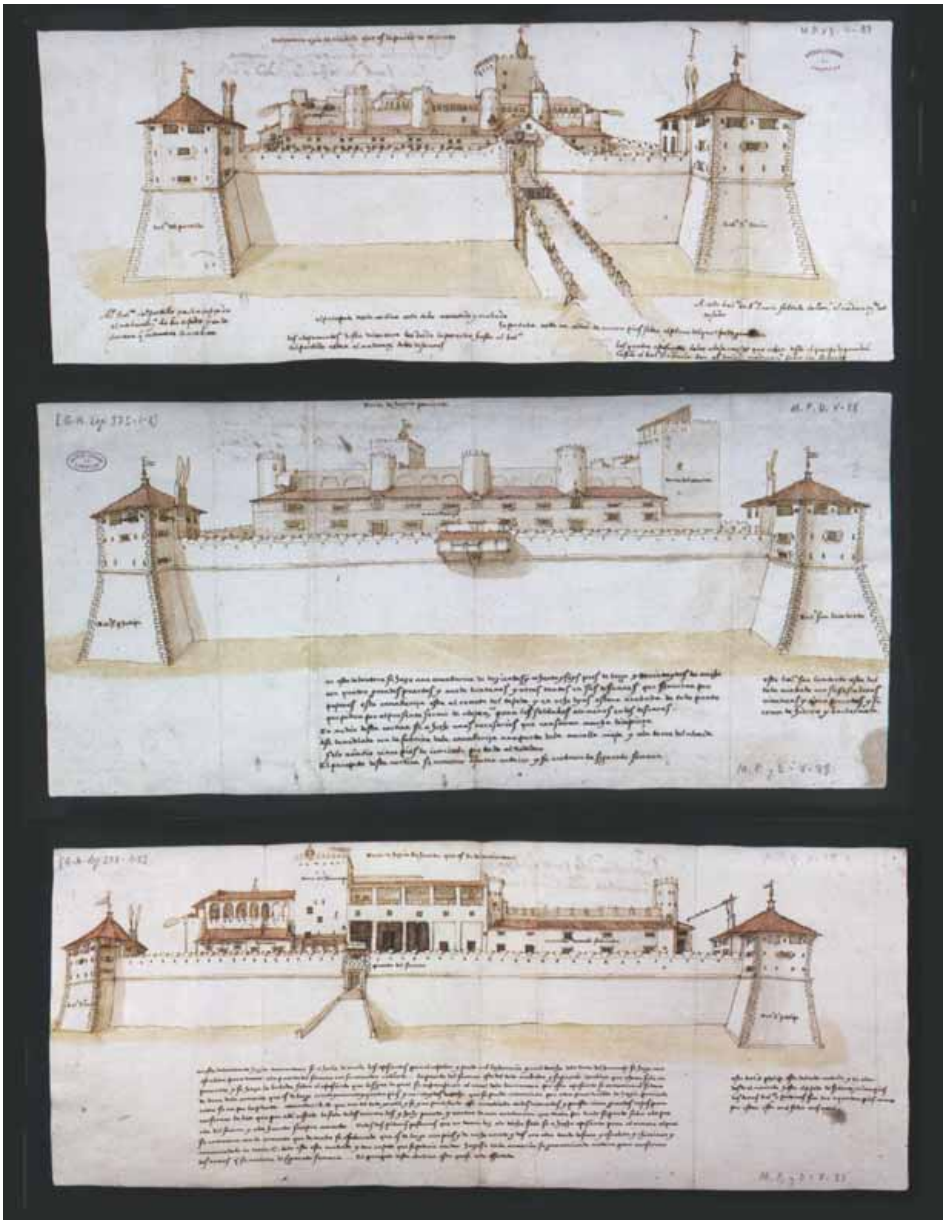
---

68 F. de MARCHI, *op. cit.* (1603), libro II, cap. XXXVI, pp. 26 y 27.

69 F. de MARCHI, BNM, Ms. 12730, fol. 5v.

70 A. de HERRERA, *op. cit.* (1612), p. 138, refiriéndose a las obras de fortificación hechas en Aragón, como fortificar y presidiar (es decir, dotarle de guarnición) el palacio real de la Aljafería de Zaragoza, así como a las torres en los pasos más importantes del Pirineo.

71 A. CÁMARA, *op. cit*. (1994).



4.12. Tiburzio Spannocchi: La Aljafería *(Zaragoza, 1593). Tres de los cuatro dibujos que hizo de sus proyectos para convertir el palacio en una ciudadela que pudiera controlar la ciudad, de cuya lealtad el rey desconfiaba. Son un perfecto ejemplo de su capacidad como dibujante y del valor del dibujo en esta profesión. La que era sede de la Inquisición fue envuelta por una fortificación abaluartada. El edificio histórico, que se respetó cuidadosamente, asoma tras la moderna fortaleza. Sus baluartes aparecen cubiertos con unos chapiteles que proporcionan una imagen a medio camino entre palacio y ortaleza, de gran interés para la historia de la arquitectura. Gracias a estos dibujos se ha podido reconstruir parte de la muralla medieval (aprox. 50 × 20 cm cada uno, Archivo General de Simancas).*

permite acercarnos a una época en la que el poder y la autoridad eran objeto de análisis y de discrepancia[72]. Ya Marchi había conocido las primeras ciudadelas, como la de Basso en Florencia, o la de Piacenza, que aunque no tuvieran todavía esa forma canónica del pentágono regular, lo que hacían era controlar una ciudad. Posición muy peligrosa porque, como recordaba este ingeniero, que estuvo a punto de trazar la ciudadela de Amberes, las ciudadelas podían provocar la ruina de los príncipes, ya que el pueblo temía que fueran su propia cárcel y de esa sensación nacían las revueltas.

III.4. *Las obras de ingeniería*

Podría hablarse del ingeniero Fratín en los proyectos para el puente de Zuazo en Cádiz, donde intervino también el ingeniero veneciano Juan Marín, maestro mayor de las obras del puente, que además hacía inventos para la guerra, o de la intervención de Spannocchi para evitar las inundaciones periódicas de la ciudad de Sevilla, o de Juan de Oviedo, dejado por Spannocchi al cargo de esa intervención en Sevilla como arquitecto de esa ciudad que era. Un caso más, este, de un ingeniero procedente de la arquitectura, con mucha experiencia de arquitectura pública en esa ciudad, pues acabó sus días como ingeniero de fortificación en la jornada del Brasil en 1625, y allí murió, en Bahía de Todos los Santos, después de que un cañonazo le volara una pierna mientras estaba «echando la cuerda y disiniandola», lo que nos hace pensar, pese a la imprecisión de las palabras, que estaba trazando con cuerdas sobre el terreno el diseño de alguna defensa[73], labor propia e inexcusable de los arquitectos militares para que ni un ángulo ni una medida de la traza se modificara al llevarla a cabo.

Sin embargo, y ante la imposibilidad de abarcar tanto en este breve texto, nos limitaremos a resumir la trayectoria de un hombre poco conocido, Juan Pedro Livadote (o Libadote), que es una joyita desde el punto de vista de la indefinición profesional de los ingenieros en esta época, lo que la hace especialmente atractiva. Gracias a un memorial que detalla sus servicios al rey sabemos de su trayectoria. Este italiano había trabajado en las fortificaciones y fábricas de la ciudad y caminos del reino de Nápoles siendo virrey el marqués de Tarifa, y se enorgullece de haber dado todas esas obras a destajo porque así fueron menos costosas económicamente. Como experto en fortificaciones, fue con García de Toledo en la jornada del Peñón en compañía de otro ingeniero, Agustín Amodeo. Desde allí fue a la corte por orden de Ruy Gómez de Silva, que le ordenó allanar el sitio de las caballerizas reales hacia

---

72 A. Álvarez Osorio: «Nido de tiranos o emblema de la soberanía: las ciudadelas en el gobierno de la monarquía», en C. Hernando, *op. cit.*, 2000, pp. 117-146.

73 J. Valencia y Guzmán: *Compendio historial de la jornada del Brasil y sucesos della...* (1625). CODOIN, tomo LV, Madrid, 1870, p. 154. Sobre este arquitecto e ingeniero, V. Pérez Escolano: *Juan de Oviedo y de la Bandera*, Sevilla, 1977. Sobre la muerte de Juan de Oviedo en Bahía, memorial de su viuda en 1626 (IHCM, Colección Aparici, tomo 34).

el convento de santo Domingo, e hizo unos «hierroncillos de mano que fueron los primeros que se hiçieron en Castilla». Se ocupó de algo importante para el nuevo planteamiento urbano de la villa de Madrid, que fue derribar las torres de la puerta de Balnadú «por lo baxo» y la del Juego de Pelota. Hizo también el alcantarillado y dos paredones «debaxo de palacio donde van a fenecer las alcantarillas de palacio y de la villa todo lo qual hizo menos de la mitad de lo que en tiempo y dinero se gastava en las dhas fábricas». Parece que una de sus mayores cualidades era hacer lo mismo que hacían otros con mucho menor coste, porque se enorgullece de que la obra que se hacía a jornal debajo de la puerta de Balnadú, a cuatro ducados cada tapia, fue cambiada por él para hacerla de mampostería, y a destajo, «que costaría las tres partes menos», lo cual hizo que desde entonces se dieran muchas obras a destajo y no a jornal. La acequia de Aranjuez, que se hacía a jornal, a dos reales por cada vara cuadrada, la tomó a su cargo Juan Pedro Livadote y la hizo a medio real cada vara. Fue también a nivelar el Tajo para sacar dicha acequia cuando era gobernador de Aranjuez don Juan de Ayala.

Mucho más cuenta: se ocupó de acabar de derribar los restos de un lienzo de la torre del homenaje en Ocaña que se había caído, sin causar ningún daño. Luego le ordenaron hacer fortificaciones desde Florida a México, pero después de embarcar en Sanlúcar y llegar hasta Canarias tuvo que regresar con el adelantado Pedro Meléndez porque no encontraron allí a las flotas que venían de las Indias. Su actividad americana acabó ahí. Su conocimiento de la costa de Andalucía, reconocida con don Francés de Álava y Luis Bravo de Laguna, le permitió opinar sobre lo que era más conveniente para su defensa. Reconoció también el Algarve, parte de la costa de África en la zona del estrecho... Dio las trazas y condiciones para algunas de las torres atalayas desde Gibraltar a Ayamonte y, lo que nos interesa muchísimo, «hizo pintura de toda la dicha costa y de las torres que en ella se avían mandado hazer todo por su medida y arte y lo puso en lienço y papel general, y para dar mejor a entender los inconvinientes que tienen algunas de los dichos sitios los puso en papel de por si...», por todo lo cual pide alguna ayuda de costa y que el rey le envíe en alguna jornada, sobre todo si afectan a fortificaciones de Italia[74]. Poco se puede añadir a semejante trayectoria en relación con lo que estamos contando.

Por otra parte, el orgullo de quienes idearon ingenios nunca dejó de ser manifestado. Bernardino de Mendoza se enorgullecía de los ingenios para la guerra que había inventado y de los que daba noticia en su tratado. Los ingenios de Juanelo fueron tan famosos que de ellos se guardan importantes testimonios literarios, como el de Agustín de Rojas en *El Viaje Entretenido* de 1604, refiriéndose al ingenio para subir el agua hasta el alcázar de Toledo:

> SOLANO: Obra es la más insigne y de mayor ingenio de cuantas de su género sabemos que hay en el mundo. Cuyo inventor fue Juanelo Turriano, natural de Cremona,

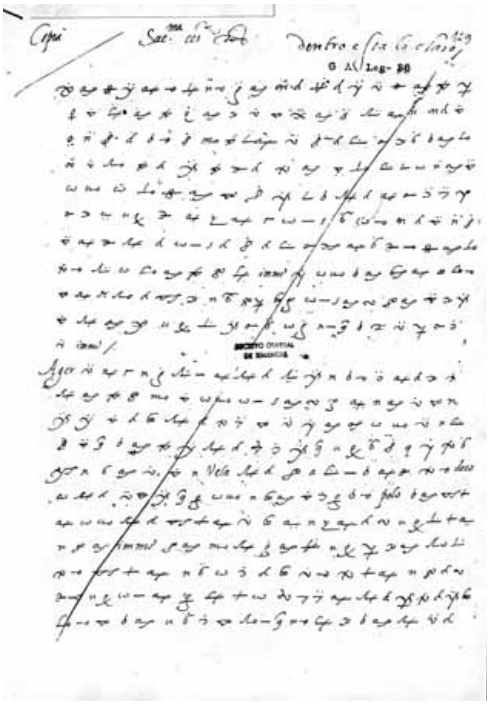
[74] AGS, Guerra Antigua, leg. 208, fol. 46.

> de Lombardía, que por solo esta obra mereció igual gloria con aquel Arquímedes, de Siracusa, o con el otro Arquitas tarentino, que fue tan gran matemático, que hizo volar una paloma de madera por toda una ciudad, y vemos que sóla la invención de su maderaje de este artificio tiene más de doscientos carros de madera delgada, que sustentan encima más de quinientos quintales de latón, y más de mil y seiscientos cántaros de agua.
> ROJAS: Obra por cierto ingeniosísima y digna de eterna alabanza.

Son desde luego mucho más conocidas las alabanzas de Ambrosio de Morales a este ingeniero, pero qué duda cabe de que su fama fue creciendo con el tiempo.

Hubo ingenieros más modestos pero no menos orgullosos, como aquel don Jerónimo de Borja, al que por cierto don Juan de Silva, conde de Portalegre y gobernador de Portugal, no se refiere como ingeniero en 1593, cuando desde Lisboa cuenta sus hazañas. Se limita a contar que está experimentando sus invenciones (de nuevo la experiencia...). Ha hecho la prueba de pasar un río:

> ceñido un instrumento de cuero lleno de viento con dos palas en las manos o con unos remillos cosidos con el mismo instrumento que lo uno y lo otro provó. Van fuera del agua de la çinta arriba vestidos, llevan su mochilla y arcabuz, y aunque le subcedió un día mal por la gran corriente del río que no le dexaba desenvolver todavía se vio que passará qualquier río como lo ha offrecido porque después y antes lo



4.13. Documento cifrado sobre fortificación en el Piamonte. *Archivo General de Simancas, Valladolid.*

> ha hecho desenvueltamente. La duda será si puede servir aquel instrumento para passar infantería sin puente ni barcas como offrece [...][75].

Fue muy frecuente que los ingenieros se ocuparan de las conducciones de aguas en ciudades o en grandes edificios. Fueron fundamentales en obras como el Monasterio de El Escorial, o para las fuentes públicas de las ciudades, pero también lo fueron en las fortalezas: una ciudadela, pequeña ciudad autosuficiente, como la de Pamplona, necesitó hacer un buen conducto general para el agua a fin de evitar enfermedades[76].

IV

La vida de los ingenieros

IV.1. *Servir a un señor*

Siempre que se iba a contratar a un ingeniero de fortificación se pedían informes sobre a quiénes había servido antes. El trabajo de estos hombres implicaba tal grado de confianza por parte de la monarquía que saberlos leales a ella era inexcusable. En otro caso podían vender al enemigo sus secretos sobre los planes y realizaciones en lo relativo a la defensa de fronteras. Por eso en ocasiones, a lo largo de este siglo XVI, aparece la queja de que los ingenieros eran extranjeros, y que pocos había de nación española. La procedencia italiana de la mayor parte de ellos les llevó a servir a otros señores, en general aliados de la monarquía española, antes de venir a España. Por lo general, y con la excepción del capitán Fratin, que comenzó trabajando para el rey de Francia antes de hacerlo para el de España, se movieron siempre en la órbita de la monarquía española, trabajando en sus reinos y estados, o bien para sus aliados. Hablar por lo tanto de italianos sin tener en cuenta el señor para el que trabajaron desvirtúa la historia, porque fueron ingenieros de la monarquía española aunque se formaran en Italia.

Como se ha visto, muchos de estos ingenieros procedían del mundo de la arquitectura, la pintura o la escultura, que tenían en común el diseño. Don Sancho de Guevara, gobernador de Milán en 1581, cuando se buscaban ingenieros para acabar las fortificaciones de Milán, hacía una pequeña historia de algunos: Giovanni Battista de Brescia, que era definido como escultor y hombre inteligente en la arquitectura, había servido en las fortificaciones venecianas. El napolitano Giovanni Antonio Salamoni había servido al príncipe de Parma y en ese momento el duque de Terranova se lo había llevado a trabajar a Siracusa, en Sicilia[77], en una carrera profe-

75 AGS, Guerra Antigua, leg. 376, fol. 33. Sobre este inventor, R. González Castrillo: «Inventos y artificios de Jerónimo de Borja, ingeniero militar del siglo XVI», *Hispania*, vol. LI, n.º 177, 1991, pp. 103-151.

76 AGS, Guerra Antigua, leg. 209, fol. 290.

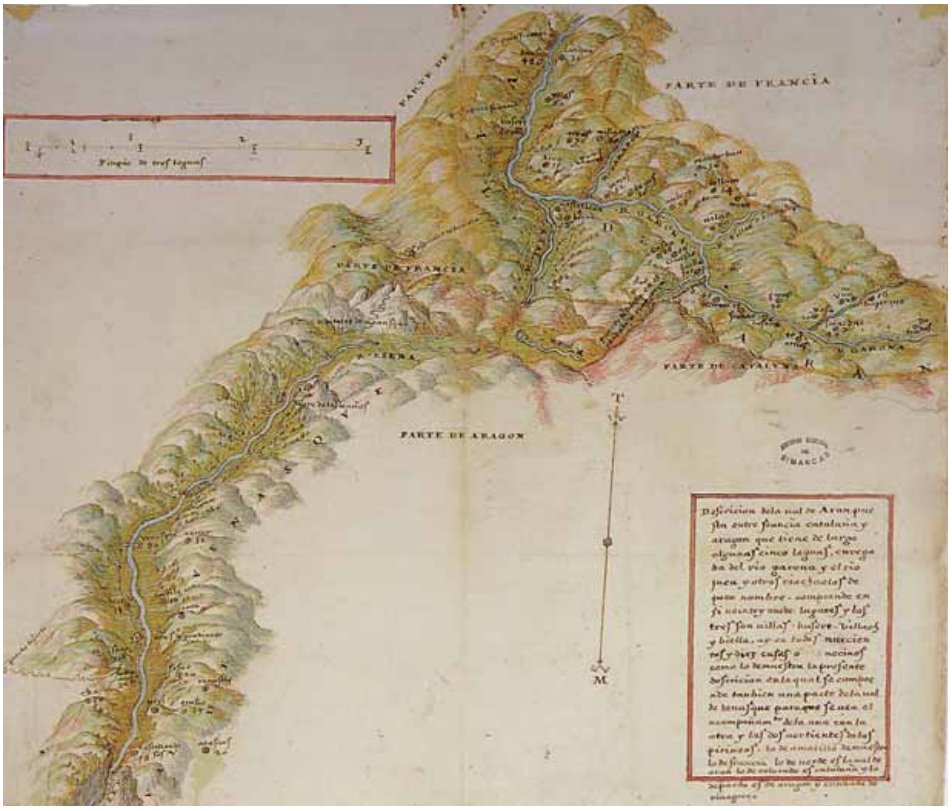
77 AGS, Estado, leg. 1254, fol. 157.

sional claramente ligada a los intereses y el poder de la española en sus territorios italianos.

IV.2. *Viajar, trazar, informar, ejecutar y controlar*

Decía el diccionario de Covarrubias de 1611 que el oficio de arquitecto era «estudiar, trazar, dibujar, plantar, delinear, ha de ser práctico, alentado, bizarro, cuerdo, prudente, animoso y caprichoso». Si añadimos los viajes y los informes, podríamos tener a un ingeniero. Cristóbal de Rojas consideraba que lo más importante en la fortificación era saber reconocer el lugar en que se iba a hacer la fortaleza; eso, unido al conocimiento de la geometría y de la aritmética, formaba a un buen ingeniero, y para la experiencia en el reconocimiento de los lugares era muy conveniente haber trabajado con algún gran soldado.

Las discrepancias entre los ingenieros y entre estos y los militares fueron constantes. Es conocido el mal carácter que tuvo Tiburzio Spannocchi, «un poco amigo de su opinión y puntuoso, y enójase con facilidad», lo que le llevó a enfrentamientos con Hernando de Acosta, gobernador de la ciudadela de Jaca, mientras se ocupaba



4.14. Tiburzio Spannocchi: Valle de Arán, *1594. Archivo General de Simancas, Valladolid.*

de las fortificaciones de Aragón[78]. La misma soberbia mostraba Jorge Palearo Fratin, hermano de Jacome, cuyo «natural humor le fuerça a seguir su opinion y reprovar las agenas aunque sea la de su propio hermano», según escribía el capitán Juan Venegas Quijada en 1587 desde Pamplona[79]. Muchos años antes, ya Benedetto de Ravena se quejaba al emperador de que Pedro de Ávila quería imponer su criterio en la fortificación de Perpiñán y no le dejaba ejercer su oficio de ingeniero[80]. Es como si casi todos quisieran hurtarse al control del experto militar sobre su trabajo. Solo lo conseguirán cuando ellos mismos entren en el ejército como cuerpo, pero eso sucedió mucho más adelante, con excepciones en este siglo como la del capitán Fratin, o el nombramiento de capitán *ad honorem* para Rojas.

IV.3. *Estatus económico y social*

La familia como transmisora de la profesión no fue en absoluto ajena a la carrera de los ingenieros. Esta nueva profesión no se libró de tan tradicional método de ascenso de las familias. Parecería que los tratados, las academias, el tipo de formación, etc. harían más difícil encontrar nombres repetidos, pero no fue así.

El ingeniero Francesco Paciotto tuvo un hermano llamado Horacio que fue uno de los recomendados para trabajar en Milán, porque había intervenido en las mismas fortalezas que su hermano y mostraba «intelligenzia del arte, et spirito nel'esseguirla»[81]. Hubo tantos hermanos como hijos o sobrinos, y no es el caso repetir aquí lo ya publicado[82], pero baste recordar la cantidad de veces que usamos el plural: los Fratin, los Antonelli... en los casos más conocidos.

En casos menos estudiados el proceso es el mismo; acabamos de referirnos al hermano de Francesco Paciotto, pero podríamos hacer lo mismo con el hermano de Tiburzio Spannocchi, cuya muerte temprana impediría la perpetuación del apellido; del hijo de Cristóbal de Rojas, Bartolomé; o del sobrino de fray Juan Vicencio Casale, Alessandro Massai, que había trabajado con él en el fuerte de Cabeza Seca en Portugal[83]. Son, en algunos casos, familias que se transmiten los cargos en la profesión.

---

78 A. Cámara: «La ciudadela del rey en Jaca», en Catálogo de la Exposición *Signos. Arte y cultura en Huesca. De Forment a Lastanosa. Siglos XVI-XVII*, Huesca, 1994, p. 89.

79 AGS, Guerra Antigua, leg. 209, fol. 290.

80 Idem, leg. 11, fols. 102 y 197. Sobre Perpiñán, véase P. de la Fuente: *La ciudad como problema militar: Perpiñán y los ingenieros de la monarquía española (ss. XVI-XVII)*, Madrid, 1995.

81 AGS, Estado, leg. 1254, fol. 157. Sobre Olgiati y Paciotto en Milán, con datos acerca de sus excelentes sueldos, véase S. Leydi: *Le cavalcate dell'ingegnero. L'opera di Gian Maria Olgiatti ingegnere militare di Carlo V*, Módena, 1989, pp. 31-44.

82 A. Cámara (1998).

83 AGS, Guerra Antigua, leg. 398, fol. 48. Casale había muerto en 1593 en Coimbra, y según informaba don Juan de Silva, dejaba «un sobrino començado a enseñar y otro ayudante». Ídem, leg. 408, fol. 172.

Siempre ganaron más que los arquitectos, con notables diferencias de sueldos. Se puede decir que los ingenieros estuvieron por lo general muy bien pagados por la monarquía. Viajaban con criados, mulas, objetos de lujo... Vivían en casas que las ciudades que iban a fortificar les proporcionaban, pero también en mesones cuando no había esa posibilidad. Recibían ayudas de costa para sus eternos viajes, aunque tardaran en pagárselas. Dejaban mujer e hijos en sus lugares de origen sin verlos durante años, enfermaban en sus viajes, caminaban por tierras sin caminos...[84]

V

Corte y ciencia: la geometría del Imperio

V.1. *«Para mandar es menester ciencia»*

En las *Empresas políticas* de Saavedra Fajardo de 1640 leemos que «Para mandar es menester ciencia, para obedecer basta una discreción natural, y a veces la ignorancia sola». La España de Felipe II utilizó la ciencia al servicio de sus intereses políticos, y potenció la formación de profesionales capaces de avanzar en su progreso.

Como ya se dijo, la mirada fue instrumento de conocimiento, con el consiguiente valor dado al dibujo, y de ahí el triunfo de ingenieros como Spannocchi, del que se llegó a decir que era «mejor pintor que ingeniero»[85], o la fama del médico Francisco Hernández, enviado en la década de 1570 a estudiar toda la flora de la Nueva España, «poniendo ante los ojos de nuestros coterráneos, y principalmente de nuestro señor Felipe, todo lo que se produce en esta Nueva España»[86].

Podríamos hablar de pilotos que tenían la obligación de devolver las cartas náuticas con las que partían, pero incorporando todo lo nuevo que su viaje había permitido conocer; la cartografía cambiaba y el mundo cambiaba después de cada viaje o expedición. Todo aquello que afectaba al progreso de las ciencias, que utilizaban la imagen constantemente, pasó por la corte y a veces allí se escondió, reservado a unos pocos, siempre en manuscritos, porque esas imágenes podían ser objeto de un exquisito coleccionismo, de una afirmación de poder como las galerías de mapas, pero muchas obras no llegaron a la imprenta porque los enemigos no debían conocerlas.

En el Memorial de Julián Páez de Castro al rey sobre cómo organizar la librería que piensa para Valladolid, en la segunda sala detrás de la de los libros, y como un segundo estadio de conocimiento, estaría contenido todo el resultado de los avances

84 A. Cámara, 1998, donde se detallan muchas circunstancias de esta profesión.

85 F. Bouza: *Corre manuscrito. Una historia cultural del Siglo de Oro*, Madrid, 2001, p. 260.

86 Sobre esta expedición, J. Bustamante: «La empresa naturalista de Felipe II y la primera expedición científica en suelo americano: La creación del modelo expedicionario renacentista», en J. Martínez Millán (ed.): *Felipe II (1527-1598). Europa y la Monarquía Católica*, vol. IV, Madrid, 1998, pp. 39-59.

conseguidos por los que hoy llamamos ingenieros: cartas universales de marear y cosmografía, mapas de todas las provincias, pinturas que representarían todas las ciudades famosas del mundo, instrumentos para astrología y matemáticas, relojes, modelos de ingenios y máquinas...[87] También en un escrito de Antonio Gracián, secretario de Felipe II, sobre la biblioteca de San Lorenzo, propone una librería pública y otra secreta. En la secreta, además de libros griegos, sirios, árabes y en otras lenguas poco usadas, y de los ejemplares raros o viejos de libros griegos y latinos, habría «almarios de mapas y de instrumentos de astrología o geometría, de medidas y pesos antiguos y de medallas y tablas de leyes»[88].

En el siglo XVI se cultivó la cartografía con fines militares, conscientes de que para que un ejército se desplazara había que tener pintada «la provincia donde la guerra se hiziere»[89]. Sin embargo, a mediados del siglo XVII los franceses habían superado ampliamente a los españoles en este terreno, y el jesuita flamenco J. Ch. de la Faille, cosmógrafo de Felipe IV, se asombraba de no tener mapas actualizados de Cataluña y de Portugal, y denunciaba que «el ingenio y la ciencia se menosprecian, que en materias de guerra no valen menos que las mismas fuerzas»[90]. Atrás había quedado la España que en el siglo XVI hizo de la ciencia un instrumento político, aunque quedaran restos de su memoria.

V.2. *El modelo de la Antigüedad y la intervención en el territorio*

Felipe II, tras la sucesión de Portugal, llegó a Lisboa como un emperador romano, en triunfo, acompañado de militares e ingenieros, con miembros de sus Consejos de Estado y de Guerra. También el ingeniero Juan Bautista Antonelli fue recibido triunfalmente con el aplauso de los vecinos de los pueblos por los que pasó durante su navegación del Tajo. Algo que repite varias veces el ingeniero en sus informes al rey es que ninguno de sus antepasados había visto cosa igual. Es la idea del progreso ligada al mundo de la ingeniería. El modelo de Roma siempre estuvo presente, y hasta el gobernador de Alcántara, lugar de embarque de tropas, se dejó llevar por esa exaltación imperial al comparar la navegación del Tajo con las calzadas de los romanos. Es la idea de superación de la Antigüedad, que la toma como modelo para emularla y que la monarquía española del XVI hizo suya como cimiento literario de su grandeza.

Aparte de la idea imperial que subyace en muchos de los textos de los ingenieros, convencidos de que trabajaban para un imperio comparable a los de la

87 Este texto, varias veces publicado, se encuentra en la Biblioteca de El Escorial, Ms. &-II-15, fols. 190-195.

88 B. Escorial, Ms. &-II-15, fol. 275.

89 S. de LONDOÑO: *El discurso sobre la forma de reduzir la disciplina militar, a meyor y antiguo estado...*Bruselas, 1589, p. 26.

90 J. H. ELLIOTT: *El conde-duque de Olivares. El político en una época de decadencia* (1986), Barcelona, 1998, p. 699.

Antigüedad, debe recordarse que Felipe II fue considerado un experto en arquitectura política (es decir, pública, la que se convierte en imagen política del poder) y militar. En ese sentido, escribía Cajés en la traducción que hizo del tratado de Vignola en 1593 que Felipe II era, en tanto que Príncipe grande, un buen conocedor de la arquitectura política y militar[91]. Los ingenieros de fortificación se ocupaban también de esa arquitectura política, de la que tan pocas veces se habla con ese término heredado de lo que Vitruvio llamaba arquitectura pública, y que sin embargo define a la perfección lo que fue la arquitectura de los ingenieros: política y militar[92], la que interesaba a la monarquía y en la que era experto Felipe II.

V.3. *Volviendo a Vitruvio*

Vitruvio fue referente de autoridad para todos los arquitectos e ingenieros del Renacimiento: no solo trató de los edificios, sino también de los materiales, de las aguas, de los relojes y de las máquinas. Las profesiones se irán definiendo paulatinamente, pero es probable que Juanelo, Juan de Herrera, Jerónimo de Borja, Spannocchi o cualquiera de los citados vieran en él el libro en el que reconocer las raíces clásicas de su profesión.

Sobre esa «geometría del imperio», de la que se podía hacer un largo texto, por ser regidora de muchas de las intervenciones en las ciudades y los territorios de la monarquía de Felipe II, un pequeño apunte para acabar. Son las palabras de un sermón pronunciado en Bruselas en 1555, es decir, en los comienzos del reinado de un rey que iba a convertir la matemática y la geometría en la base para la transformación de sus reinos. En el sermón se decía que los consejeros de Estado debían ser 36, siguiendo a Platón en el libro 6 de las Leyes, y a los Evangelios. En este caso, 24 fueron los ancianos vistos por San Juan en el Apocalipsis, y 12 los apóstoles, cuya suma haría 36. En Creta, en Atenas y en Venecia había ese número de consejeros. Las cosas a consultar eran siempre seis, de cada una se ocuparían seis consejeros, lo que nuevo multiplicado daría 36[93]. Todo estaba basado según este sermón en el número

---

91 *Regla de los cinco ordenes de architectura de Iacome de Vignola. Agora de nuevo traducido de Toscano en Romance por Patritio Caxesi Florentino, pintor y criado de su Magd...* Madrid, 1593. Está dirigido al príncipe Felipe, el futuro Felipe III, y en la dedicatoria es donde escribe que «por ninguna via me parece que se puede provar mejor de quanta importancia sea a los Principes grandes la noticia de la Architectura, así política como militar, que con saberse la que entre tantas, y tan grandes ocupaciones tiene de la una, y de la otra, la Católica Majestad del Rey, Padre de V.A. el qual siendo de tan sublimado juicio en todas las cosas [...]».

92 El conde de Fuentes, a quien ya nos hemos referido al hablar de la Academia de ingenieros de Milán, en julio de 1606 informaba sobre distintos ingenieros: uno «entiende bien de la Arquitectura política», otro era «hombre eminente en lo que toca Arquitectura Militar», y otro de los citados «sabe bien tanto de la militar como de la política». AGS, Estado, leg. 1294, fol. 189.

93 Sermón de S. Thomas apóstol en Bruselas en la Capilla Real. Año 1555. Ms. de la Biblioteca de El Escorial, &-II-15, fols. 133v y 134.

seis, el número que según Vitruvio era considerado el perfecto por los matemáticos, porque además «tiene el seys perfecto quando crece en la cuenta sobre seys»[94]. Del carácter casi mágico de los números del sermón a la ciencia renacentista de la que los ingenieros fueron en gran medida protagonistas hay un gran paso en el que subyace la voluntad de un progreso basado tanto en la ciencia como en la experiencia.

4.15. M. Vitruvio Pollion: Buscando agua. De architectura. *Alcalá de Henares, 1582.*

Bibliografía

Se citan tan solo algunos títulos que valen como introducción en el estudio del tema. Títulos más específicos se incluyen en las notas a pie de página.

Cámara, A.: «La arquitectura militar y los ingenieros de la monarquía española: aspectos de una profesión (1530-1650)», *Revista de la Universidad Complutense*, n.º 3, 1981, pp. 255-269.

— *Fortificación y ciudad en los reinos de Felipe II*, Ed. Nerea, Madrid, 1998.

Cobos, F.; Castro, J. de; y Sánchez Gijón, A.: *Luis Escrivá. Su Apología y la fortificación imperial*, Biblioteca Valenciana, Generalitat de Valencia, 2000.

Cresti, C.; Fara, A. y Lamberini, D. (eds.): *Architettura militare nell'Europa del XVI secolo*, Edizioni Periccioli, Siena, 1988.

García Tapia, N.: *Ingeniería y arquitectura en el Renacimiento español*, Universidad de Valladolid, 1990.

— y Carrillo Castillo, J.: *Turriano, Lastanosa, Herrera, Ayanz. Tecnología e Imperio. Ingenios y leyendas del Siglo de Oro*, Ed. Nívola, Madrid, 2002.

Hernando, C. (coord.): *Las fortificaciones de Carlos V*, Ediciones del Umbral, Madrid, 2000.

[94] M. Vitruvio Pollion: *De Architectura*, traducido por M. de Urrea, Alcalá de Henares, 1582, fol. 36.

5
Instituciones para la formación de los técnicos

Mariano Esteban Piñeiro
Universidad de Valladolid

Está generalmente admitido que el siglo XVI contempló el desarrollo de un proceso de institucionalización de la ciencia y de la técnica, es decir, de la asunción por parte de los Estados de la responsabilidad de la investigación científica y de la subsiguiente aparición de «profesionales» de la ciencia y de sus aplicaciones prácticas, aspectos que propiciaron otros dos relevantes fenómenos: la secularización de la ciencia[1] y la socialización de su actividad.

Estos hechos, de importancia trascendental para la conformación de la ciencia y de la técnica modernas, tuvieron como escenarios principales a España, más concretamente a Castilla, y a Portugal. Las colonizaciones en ultramar exigieron la utilización por los monarcas de un alto número de técnicos: cosmógrafos capaces de dibujar las cartas náuticas, de construir instrumentos de navegación precisos y de describir con exactitud las nuevas tierras; ingenieros y arquitectos que pudieran diseñar y levantar las nuevas ciudades, erigir modernos bastiones y fortificaciones y trazar la red de comunicaciones terrestres necesarias; técnicos que consiguieran un mayor aprovechamiento de las riquezas del suelo y del subsuelo, y ensayadores que perfeccionaran los métodos de obtención de metales cuando se agotaron los minerales de alta ley de las ricas minas de Indias. En el caso castellano-aragonés, además, el sostenimiento de su posición en Europa exigía una continua mejora del «arte militar», por lo que el Estado tuvo que recurrir a experimentados ingenieros en balística, construcción de cañones y confección de la pólvora.

La mayor parte de estas técnicas se fundamentaba en propiedades y reglas geométricas, por lo cual fueron los expertos en geometría quienes actuaron en el siglo XVI como cosmógrafos, ingenieros civiles o militares y arquitectos; de manera que frecuentemente un mismo matemático ejerció a lo largo de su vida varias de esas

[1] J. SALA CATALÁ: *La ciencia española en los siglos XV y XVI*, Madrid, Akal, 1982.

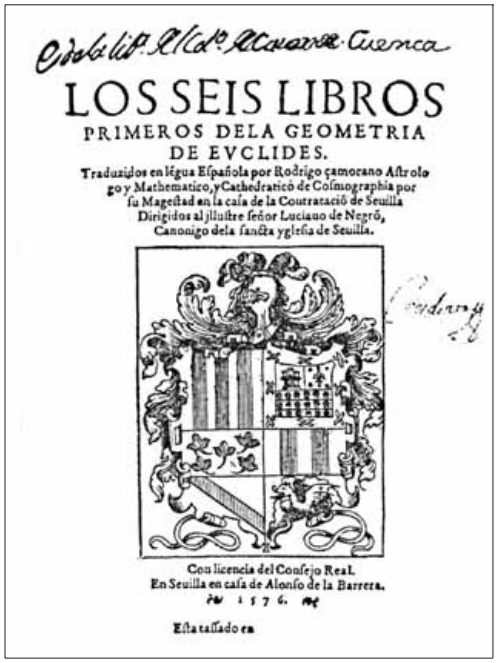
actividades, si no todas; en muchos casos, como titular de alguno de los relativamente numerosos «oficios» que la administración fue creando en esa centuria, con cargo a las haciendas reales[2].

Esa especial formación que requerían estos técnicos se adquiría principalmente mediante la práctica, es decir, trabajando y aprendiendo durante años al lado de personas ya expertas, pero ya se apreciaba como conveniente que previamente se hubiera conseguido una formación teórica básica. El principal problema radicaba en este aspecto: la ausencia de instituciones capaces de proporcionar esos conocimientos, lo que se intentó resolver mediante la creación de diversos centros de enseñanza especializada. El primero de ellos, y de acuerdo con la importancia de la cosmografía y la navegación, fue la institucionalización de una cátedra de tales materias en la Casa de la Contratación sevillana, en diciembre de 1552. En la misma década se crearon en los castillos de Barcelona, Burgos y Mallorca unas «academias» para formar artilleros con una cierta base matemática; pocos años más tarde, se llevó a cabo la modificación de «las lecturas» de la cátedra de Astrología y Matemáticas de la Universidad de Salamanca para orientarla más hacia la cosmografía y la navegación, y la fundación de una cátedra de «partido» de matemáticas dirigida a los técnicos, también en esta universidad. En la Universidad de Alcalá, su cátedra de matemáticas se orientó asimismo hacia temas vinculados con el arte de navegar, lo mismo pasó con la cátedra que la Universidad de Mareantes y el Cabildo de Sevilla establecieron en los últimos años de la centuria.

También en las últimas décadas del siglo XVI, diversas «escuelas de artillería naval» nacen en algunas localidades, como Málaga, Sevilla y La Coruña, una escuela de navegación aparece en San Sebastián, y en Madrid se funda la Academia Real Matemática. En torno a 1590 se produjo el intento fallido de instituir «escuelas técnicas» en las ciudades castellanas representadas en las Cortes y en los inicios del siglo XVII, por orden de Felipe III, inicia su actividad una cátedra de matemáticas y fortificación en el seno del Consejo de Guerra.

Es preciso aclarar que tras el nombre de «escuelas» o «academias» no existían complejas instituciones sino únicamente una enseñanza más o menos reglada impartida, en la mayoría de los casos, por un único profesor. El caso del italiano Julián Ferrofino es muy interesante: fue llamado en torno a 1575 para explicar «matemáticas» en la escuela de Artillería de Burgos; poco después pasó a enseñar artillería naval a Sevilla; en 1590 se frustró el proyecto de Felipe II de que impartiera conocimientos teóricos en la fábrica de munición de Málaga y regresó a Sevilla para cumplir la orden real de crear una Escuela de Artillería de tierra. Después de realizar esta misión, en 1595 pasó a ocuparse de las lecturas de la Academia Real Matemática de

[2] M. ESTEBAN PIÑEIRO: «Los oficios matemáticos en la España del siglo XVI», en *I Trobades d'Historia de la Ciencia y de la Técnica*, Barcelona, CSIC, 1993, pp. 239-251.



LOS SEIS LIBROS
PRIMEROS DELA GEOMETRIA
DE EVCLIDES.

Traduzidos en lẽgua Eſpañola por Rodrigo çamorano Aſtrolo
go y Mathematico, y Cathedratico de Coſmographia por
ſu Mageſtad en la caſa de la Contratacio de Seuilla
Dirigidos al illuſtre ſeñor Luciano de Negrõ,
Canonigo dela ſancta yglеſia de Seuilla.

Con licencia del Conſejo Real.
En Seuilla en caſa de Alonſo de la Barrera.
1576.

Eſta taſſado en

LIBRO PRIMERO DE
LOS ELEMENTOS
GEOMETRICOS DEEVCLIDES
philoſopho Megarenſe.

Problema primero, propoſition primera,

Sobre vna linea recta dada terminada hazer vn triangulo equilatero.

Sea la linea recta dada terminada. A B. cõuiene deſcreuir ſobre A B. vn triãgulo equilatero. Sobre el cẽtro. A. y ſegũ eleſpacio. A. B. deſcribaſe elcirculo. B.C.D. (por la tercera petitiõ) Y tambiẽ (por la miſma) ſobre el centro. B. y eñl eſpacio. B A. deſcriuaſe el otro circulo. A.C. E. Y (por la primera peticiõ) deſde el puncto. C. donde los circulos ſe cortan, tirenſe las lineas rectas, C A, C B. aſta los puncto. A. B. Y porque el puncto. A. es centro del circulo. C. B. D. ſera ygual la linea. A. C. a la linea. A. B. (por la decima quinta definitiõ) Itẽ porque el punto. B. es centro del circulo. C A E. ſera ygual la linea. B C a la linea. A B. luego ambas. C A. y la. C B. ſon Yguales a la linea. A. B. Y las coſas que a vna ſon Yguales, ẽtre ſi ſon yguales (por la primera comun ſentencia) luego la linea. A C. es ygual a la linea. C B. luego las tres lineas C A. A B. B C. ſon yguales entre ſi. Sera pues equilatero el triangulo. A B C. y fabricado ſobre la linea recta dada terminada. A B. lo qual conuino hazerſe.

EVCLIDES. fo. 13

Problema ſegundo. · Propoſition ſecunda.

Hazer vna linea recta ygual a otra linea recta dada, deſde vn puncto ſeñalado.

Sea el puncto ſeñalado: A. y. la linea recta dada. B C. es menester deſde el punto. A. tirar vna linea recta ygual a la linea recta. B C.

Tireſe deſde el puncto. A. aſta el puncto. B. la lineare cta. A B. (por la primera petition) y haga ſe ſobre ella (por la primera propoſicion) vn triangulo equilatero, Y ſea. D A B, y eſtiẽdanſe les a la D A. y a la D B. las lineas. A Z. B E. Derechamẽte (por la ſegunda petition) y ſobre el centro. B. y en el eſpacio. B C. deſcribaſe por la tercera petition) el circulo. C I T Y tambiẽ (por la miſma) ſobre el cẽtro. D. y ẽ el eſpacio D I. deſcribaſe el circulo. I K L. Pues porque el puncto. B. es centro del circulo. C I T. ſera (por la decima quinta deſinition) la linea. B C. ygual a la linea. B I y porque el puncto. D. es centro del circulo. I K L. ſera (por la miſma) ygual la linea. D L. a la linea. D I. de las quales. D A. es ygual a la miſma D B. (por la propoſition precedente) ſuegó la linea reſtante. A L. es ygual a la linea. B L. que reſta (por la tercera comun ſententia) y eſta demoſtrado que. B C. es Ygual a la. B I. luego la vna y la otra. A L. y B C. es ygual a la. B L. y las coſas que a vna miſma ſon Yguales (por la primera comun ſententia)

C ſon

5.1. Rodrigo Zamorano: **Los Seis Libros Primeros de la Geometría de Euclides,** *Sevilla, Alonso de la Barrera, 1576. Portada (a la izquierda, arriba), xilografía con retrato de Zamorano (a la derecha; sacada de su* Cronología y repertorio de la razón de todos los tiempos*) y los problemas primero y segundo (doble página, abajo).*

Madrid, hasta su fallecimiento en 1604. En el extremo opuesto se halla el vallisoletano Rodrigo Zamorano, quien solo enseñó en la Casa de la Contratación, en donde fue catedrático desde 1575 hasta 1613, fecha en que se jubiló.

I

La formación técnica en las universidades

Se ha mantenido el tópico de que durante el Renacimiento los saberes prácticos no merecieron la atención de las universidades. Esta afirmación es en gran parte cierta pero exige algunas puntualizaciones. La primera es que muy pronto, en 1460, se crearon en las universidades de Bolonia, Cracovia y Salamanca cátedras de Matemáticas y Astrología con el objetivo de facilitar a los médicos conocimientos de astrología, necesarios al entender de la época para el tratamiento de la mayoría de las enfermedades.

Pero hubo que esperar un siglo para que esta cátedra salmantina tomara otra orientación. Así, los Estatutos de 1562 recogen un nuevo planteamiento que tenía como finalidad facilitar una amplia formación sobre las ciencias y técnicas más necesarias en ese momento, la cosmografía y la navegación. Dichas constituciones, en lo tocante a «la cátedra de Astrología», rezaban:

> 1. En la Cáthedra de Astrología, el primer año se lea en los ocho meses Esphera y Theóricas de planetas, y unas Tablas, en la sustitución, Astrolabio.
>
> 2. El segundo año, seys libros de Euclides y Arithmética, hasta las raizes cuadradas y cúbicas, y el Almagesto de Ptolomeo, o su Epítome de Monte Regio, o Geber, o Copérnico, al voto delos oyentes; en la sustitución, la Esphera.
>
> 3. El tercer año, Cosmographía, o Geographía, un introductorio de Iudiciaria y Perspectiva, o un instrumento al voto de los oyentes; en la sustitución lo que pareciere al catedrático comunicado con el Rector.

Las materias se distribuyeron a lo largo de tres cursos y tenían como ciencia básica a la geometría —*Los Elementos* de Euclides, en concreto— y como tema central, la astronomía siguiendo los textos clásicos y habituales en todas las universidades europeas que trataban esta ciencia: *La esfera* de Sacrobosco, *Teóricas de los planetas* de Purbachio, el *Almagesto* de Ptolomeo y *Las Tablas* de Alfonso X. A fines del siglo XVI se orientaron aún más las enseñanzas hacia la navegación y la cosmografía, por iniciativa de los nuevos profesores, el doctor Zamora y el maestro Serrano, elaborándose un Plan de Estudios, en 1594, cuyo contenido era el siguiente:

> [El primer año, en los ocho meses] la Geometría: los seis libros primeros de Euclides, y la perspectiva del mismo, y la aritmética con las raíces cuadradas, y cúbicas declarando la letra del séptimo, octavo y nono libro de Euclides, y la agrimensura, que es el arte de medir la área de qualquier figura plana.
>
> En la sustitución los tres libros de triangulis sfericis de Teodosio.

> El segundo año, solo la Astronomía, comenzando por el Almagesto de Ptolomeo, y habiendo leído el primer libro, léase el tratado de signis rectis, el de triangulis rectilineis, y sphereis de Christóforo Clavio u otro moderno; después de leído el libro segundo se han de enseñar a hacer las tablas del primer móvil, como son las de las direcciones de Juan de Monte Regio, o de Erasmo Reinoldo. Acabado el libro segundo con sus adherentes, léase la teórica del sol por Puerbachio, y luego todo el libro tercero del Almagesto, y luego el uso de esto por las tablas del Rey Don Alonso.
>
> El segundo cuadrienio léase a Nicolás Copérnico, y las tablas Pluténicas en la forma dada, y en el tercer cuadrienio a Ptolomeo. En la sustitución lea la Gnómica, que es el arte de hacer relojes solares.
>
> El tercer año léase la Geografía de Ptolomeo, y la Cosmografía de Petro Apiano, y arte de hacer mapas, el Astrolabio, el Planisferio de Don Juan de Rojas, el radio Astronómico, el arte de navegar. En la sustitución el arte militar.
>
> El cuarto año la esfera y la astrología judiciaria por el cuadripartito de Ptolomeo y Alcabisio corregidos.
>
> En la sustitución teóricas de Planetas.

Curiosamente, este plan de estudios llega a incorporar, junto a la fabricación de relojes, la construcción de mapas y el arte de navegar, el arte militar, aunque este se tenía que leer en verano.

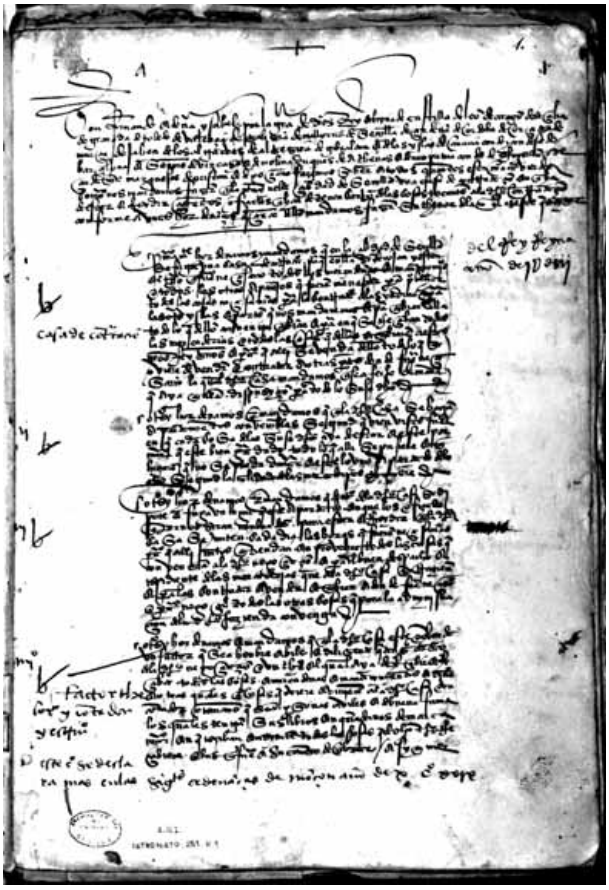
Unos pocos años antes, hacia 1590, y en respuesta a los deseos de Felipe II de que se intensificara la enseñanza de las disciplinas «matemáticas», se ampliaron estas materias en la Universidad de Salamanca, dotándose un «partido» (una especie de adjuntía) de matemáticas para preparar mejor a los estudiantes en las cuestiones básicas necesarias para los estudios de astronomía, geografía y náutica. En la carta de Felipe II, en la que se concedía la dotación solicitada por la Universidad, el rey insistía en su necesidad

> para que se criasen personas suficientes y aviles ansi para leer la dicha facultad en esa Universidad y para los tener ansi mismo en puertos de mar como en otra cualquiera parte por ser tan necesario y que dello dependía la navegación.

Parece que no es arriesgado vincular la creación de esta cátedra auxiliar con el proyecto —que se comentará más adelante— de crear «escuelas de matemáticas» en las ciudades y villas con representación en las Cortes castellanas.

El «partido» se asignó inicialmente al maestro Gabriel Serrano, hasta 1592, en que obtuvo la cátedra de Matemáticas y Astrología en propiedad, por renuncia del doctor Pérez de Mesa, que la había ganado en las oposiciones, pero que prefirió quedarse en la Universidad de Alcalá. En 1593 se asignó el «partido» al médico Antonio Núñez Zamora. El éxito de esta cátedra fue grande durante más de dos décadas, acudiendo a sus lecturas un número de alumnos sensiblemente superior al que asistía a la cátedra de Matemáticas y Astrología.

También la Universidad de Alcalá intentó dedicar cierta atención a la formación básica de los técnicos. Se sabe que al menos desde la década de los ochenta del siglo XVI existía una cátedra de Matemáticas cuyas lecturas se impartían en tres años:



5.2. Cédula Real que crea la Casa de la Contratación, 1503. Archivo General de Indias, Patronato, 251

1.º *Aritmética* de Gemma Frisio; Euclides, *Óptica* de Alacén.

2.º *Esfera* de Sacrobosco, *Geografía* de Ptolomeo y el Astrolabio.

3.º *Teórica* de Purbachio, *Tablas* de Alfonso X y de Ptolomeo.

Hacia 1586 ocupó la cátedra Diego Pérez de Mesa, que había estudiado en Salamanca y que dejó manuscritos de náutica, astrología, matemáticas y astronomía, dirigidos a sus alumnos. En 1595, al parecer por encargo o mandato del rey, se trasladó a Sevilla a ocupar una cátedra que, a petición de las Cortes en Madrid, había creado el Cabildo en colaboración con la Universidad y la Casa de la Contratación. Las enseñanzas de Pérez de Mesa, al igual que en Alcalá, versaron sobre astronomía, aritmética, geometría práctica, astrología y su aplicación a la medicina y arte de navegar. La peculiaridad es que las clases se impartieron en castellano, buscando que la audiencia fuera lo más amplia posible.

Todas estas cátedras universitarias no formaron técnicos en sentido estricto, pero sí contribuyeron a que personas con otros intereses más prioritarios, como la medicina o las leyes, poseyeran unos conocimientos básicos en geometría, astronomía, navegación o fortificación que les sirvieron para destacar en algunas de estas materias técnicas dentro de la categoría de «matemáticos-ingenieros».

II

La Casa de la Contratación de Sevilla

Las nuevas rutas abiertas hacia poniente por los viajes de Colón, Juan de la Cosa y Bastida hicieron accesibles a los castellanos, en los inicios del siglo XVI, tierras desconocidas pero supuestamente ricas en metales preciosos, especias y otros productos valiosos. Las noticias de esas navegaciones pioneras despertaron la ambición de los europeos por colonizar y explorar esas tierras y sus mares y enriquecerse con su explotación, de manera que Los Reyes Católicos consideraron conveniente crear, en fechas muy tempranas, un organismo que regulara y controlara el tráfico de las mercancías entre las Indias y Castilla. Inicialmente se ubicó en Cádiz, pero enseguida —en febrero de 1503— una Real Cédula estableció en Sevilla la Casa de la Contratación:

> [....] Para la Contratación y negociación de las Indias, y de Canarias, e de las otras Islas descubiertas e que se descubriesen; a la qual se han de traer todas las mercaderías e otras cosas que necesarias fuesen para la dicha Contratación, e las que se hubiesen de llevar a las dichas Islas, e traer dellas [...].

La importancia económica de este floreciente comercio aconsejó asegurar en lo posible el éxito de la navegación atlántica, que corría dos graves riesgos: el de la impericia, por inexperiencia, de los pilotos que tenían que surcar unos mares que desconocían y el de la lógica carencia de la correcta cartografía de unas costas que se comenzaba entonces a recorrer. Para solucionar ambos problemas, que podían ocasionar la pérdida de muchas vidas humanas y de abundantes y costosas mercaderías, la Casa de la Contratación amplió sus obligaciones, asumiendo la de expedir la licencia de piloto, previo el oportuno examen, y la de confeccionar las cartas náuticas apropiadas. De esta forma, la Casa de la Contratación se configurará a lo largo del siglo XVI como un importante centro científico —del que saldrá una producción cartográfica que marcará la futura evolución de esta técnica— y, a la vez, como la principal institución docente europea dirigida a la formación de pilotos y maestres capaces de cruzar los océanos. En lo referente a esta actividad formativa, la primera manifestación fue el establecimiento de las normas que regularon la concesión de licencias para ejercer como piloto o maestre.

Así, en 1508, la reina Juana estableció en la Casa de la Contratación el oficio de Piloto Mayor, cuya misión esencial era la de examinar a los aspirantes a pilotos de la

carrera de Indias, quienes debían demostrar una sólida formación teórica y práctica, como exigía la Real Cédula de Constitución del citado oficio:

> [...] y sepan lo que es necesario saber en el cuadrante e astrolabio, para que junta la plática con la teórica se puedan aprovechar dello en los dichos viajes que hicieren [...] e que sin lo saber no puedan ir en los dichos navíos por pilotos.

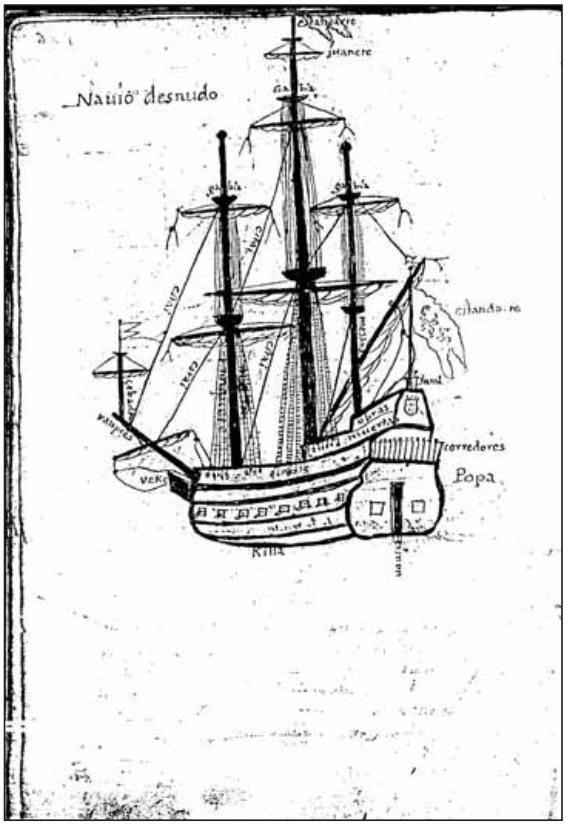
Es decir, quien no conociera suficientemente el manejo del astrolabio y del cuadrante no podía servir como piloto.

Durante casi cincuenta años los futuros pilotos se formaron asistiendo a clases impartidas en Sevilla por cosmógrafos y matemáticos, dedicados casi exclusivamente a esa tarea, que leían algún texto escrito expresamente con esa finalidad y que, después, auxiliaba al piloto durante toda su vida profesional (el *Arte de Navegar*, de Pedro de Medina, fue desde su aparición, en 1545, el más seguido por la mayoría de los estudiantes, por su claridad y sencillez). Aprendían a manejar los instrumentos de navegación imprescindibles, como la ballestilla, el astrolabio, el cuadrante o la aguja de marear, y a utilizar las cartas de marear. Todos esos instrumentos los adquirían habitualmente los estudiantes a sus profesores, pero, con frecuencia, la escasa preparación de estos ocasionó que los citados instrumentos carecieran de la mínima calidad en su fábrica y de la necesaria exactitud en su graduación. Esta grave situación aconsejó a Carlos I establecer unos controles que aseguraran que los instrumentos eran los idóneos tanto para el aprendizaje como para el gobierno de los navíos de la carrera de Indias. Para ello estableció en la Casa de la Contratación, en 1523, un nuevo tipo de oficial, el «Cosmógrafo y maestro de hazer cartas e astrolavios e otros ingenios para la navegación», el único autorizado para construir y vender los instrumentos y las cartas náuticas. También tenía la obligación de asistir al piloto mayor en los exámenes.

El portugués Diego Ribeiro fue el primer titular, pero la demanda de instrumentos y cartas era tan grande que pronto, en 1528, hubo que duplicar el oficio y nombrar otro cosmógrafo con las mismas obligaciones, en este caso un extremeño llamado Alonso de Chaves.

Durante la mayor parte del siglo XVI hubo en la Casa de la Contratación dos cosmógrafos, aunque en algún momento llegaron a existir cuatro. Más aún, en los años centrales de la centuria aumentó tanto la demanda de instrumentos que se concedió autorización para construir y vender las cartas e instrumentos de navegación a otros tres matemáticos, con la consideración de «cosmógrafos de honor», ya que no eran oficiales ni recibían salario alguno de la institución sevillana.

El que se dispusiera de varios cosmógrafos no sirvió para que los pilotos de la carrera de Indias tuvieran la preparación adecuada. Las repetidas quejas sobre su impericia motivadas por los frecuentes naufragios padecidos por los navíos pedían encontrar soluciones urgentes. Entre las denuncias destacan las realizadas por Alonso de Chaves en 1545, quien, en su *Parecer sobre lo errados que estaban los instrumentos construidos por Diego Gutiérrez y sus dos hijos*, había indicado la conve-



5.3. Navío. *Biblioteca Nacional, Ms. 5817. Anónimo, h. 1590.*

niencia de establecer las enseñanzas en la propia Casa de la Contratación a cargo de un oficial de ella:

> Asimismo hay necesidad de un hombre docto en la astrología, cosmografía y carta de navegar que lea cada día una lición pública en esta casa para que los pilotos y otras personas se instruyan en las dichas artes y sean generales en lo que tratan e haya hombres que entiendan y de quien S. M. se pueda servir en los semejantes negocios y cargos.

Esta solución también la expresó en 1549 el visitador real Hernán Pérez cuando informaba al Consejo de Indias sobre la dificultad que existía para encontrar una persona capacitada para desempeñar el oficio de piloto mayor, vacante por ausencia de su titular Sebastián Caboto.

> En esta ciudad, al presente, yo no sé de persona en quien estuviese bien proveído el oficio, porque para él se requiere ser muy buen cosmógrafo.

Y concluía con la recomendación de suprimir el citado oficio y crear una cátedra de naturaleza teórico-práctica sobre el arte de navegar:

> De mi parecer, del salario del piloto mayor se podría fundar una cátedra, que se diesen dos licciones, una de ciencia y otra de los instrumentos y del arte de navegar, porque es grandísima falta la que en este pueblo hay desto.

En esas mismas fechas, Carlos I otorgó unas nuevas Ordenanzas para la Casa de la Contratación en donde no se creó ninguna cátedra, pero sí se intentó corregir una serie de abusos tan graves como el de que el piloto mayor impartiese clases remuneradas en su residencia a los aspirantes a pilotos y maestres. Estos alumnos, a los que también vendía los instrumentos y cartas, tenían prácticamente asegurado el pasar con éxito el examen, que tenía lugar —en los casos en que se realizaba— en la propia casa del piloto mayor. Las Ordenanzas prohibieron terminantemente estas prácticas. Si se contravenía esta disposición, el alumno no podía volver a examinarse hasta pasados dos años y el piloto mayor pagaba una multa de diez ducados más el doble de lo que hubiera percibido por la venta de los instrumentos. Al mismo tiempo, se le exigía que examinase en las dependencias de la Casa de la Contratación y se le prohibía también recibir remuneración de ninguna de especie:

> Otrossi que el dicho Piloto Mayor no pueda rescebir oro ni plata, ni moneda, ni otra cosa, ni convite, ni cosa de comer por sí ni por ynterposita persona, ni por otra via exquisita de ninguno que pretenda ser maestre ni piloto, ni aceptar obligación o promessa sobrello, so pena que lo pagara con las setenas lo que ansí llevare.

También se explicitó en las Ordenanzas el contenido del examen:

> Otrossi, que el dicho sea examinado en la carta y punto y en el altura del sol y norte y ansi mismo en cómo sabe usar del astrolabio, quadrante y ballestilla, los quales instrumentos aya siempre presentes al dicho examen.

Se fijó, por otro lado, el procedimiento, por votación del tribunal —constituido por el piloto mayor y los cosmógrafos—, para juzgar los conocimientos del aspirante, de forma que se garantizaba la transparencia y equidad del examen:

> Item, porque en el botar aya más libertad y secreto y se haga más presto y mejor, mandamos que el dicho Piloto Mayor y Cosmographos boten por hava y atramuz, y el que tubiere mas habas salga aprobado y el que más atramuzes reprobado, y en caso de paridad no le admitan.

Se estableció, por último, que el aspirante suspendido no pudiera volver a examinarse hasta que no hubiera realizado un viaje a las Indias como aprendizaje práctico.

Muy pronto estas disposiciones se mostraron insuficientes para resolver el problema de la deficiente formación de los pilotos, pues se limitaban a eliminar las posibles corrupciones en el procedimiento examinador. Fue necesario, pues, modificar el sistema de formación, oficializando la enseñanza y fijando el contenido de los conocimientos exigibles.

Así, el entonces regente, el príncipe don Felipe, por Real Cédula de 4 de diciembre de 1552, creó la Cátedra de Cosmografía y del Arte de Navegar de la Casa de la Contratación, justificándola en la notoria falta de conocimientos, tanto teóri-

cos como prácticos, de los maestres y pilotos de la carrera de Indias, lo cual, según sus propias palabras, acarreaba «el perderse el navío que llevan a cargo y perecer mucha gente».

Se exigió que, a partir de esa fecha, nadie pudiera presentarse a los exámenes para piloto o maestro, ni recibir el título correspondiente, sin haber acudido un año a las lecturas del catedrático. Con la nueva disposición se pretendía que la enseñanza dejara de ser privada para encomendarla a un nuevo oficial real, buscando un mayor control y calidad y, consecuentemente, una mejor formación de los técnicos.

Al mismo tiempo, la Cédula Real delimitó y precisó las materias y conocimientos que debían exigirse a los futuros pilotos y que, por lo tanto, tenían que ser objeto de las lecturas del catedrático: la *Esfera*, o al menos sus dos primeros libros, los *Regimientos* —el de hallar la altura del Polo y el de hallar la altura del Sol—, el uso de las cartas de marear y cómo determinar la posición del navío en ellas, la fábrica y el manejo de los instrumentos de navegación (astrolabio, cuadrante y ballestilla) para poder obtener la posición de la nave en el mar o la ubicación de los puertos. Asimismo, la utilización de la aguja de marear, con la determinación, incluso, de su noroestear o nordestear en cada lugar y, por último, el uso de un reloj general diurno y nocturno y el conocimiento de las fases de la luna y de las mareas.

Las lecturas no se restringían a quienes pensaran dedicarse al gobierno de las naves de Indias pues, siguiendo los consejos de los expertos, se permitía que el catedrático enseñara la cosmografía y el arte de navegar a todos aquellos que «las quisieren deprender, con que no sean estrangeros sino naturales destos Reynos de la Corona de Castilla y Aragón», es decir, la única limitación que se imponía a los oyentes era no ser extranjero.

Se eligió como primer catedrático al bachiller Jerónimo de Chaves, hijo del piloto mayor Alonso de Chaves, pues en opinión del propio príncipe Felipe «es persona hábil y suficiente y el que conviene para ello». Además, a Chaves se debía la elaboración del plan de estudios que se acaba de reseñar, que tenía el inconveniente de ser demasiado amplio para poder desarrollarlo en un año. Lo extraño, no obstante, es que tres más tarde, ante las protestas de los estudiantes, que argumentaban que no podían sustentarse durante un año en Sevilla por ser pobres, y con el apoyo del propio Chaves, se redujo la obligación de asistencia a las clases a tres meses; en 1567 se limitó a dos meses la duración del curso y al año siguiente se permitió que para el cómputo de esos sesenta días se contabilizaran todas las fiestas que cayeran dentro del periodo. El motivo de la transigencia real ante las presiones de los estudiantes era la dificultad de encontrar aspirantes a pilotos, dada la escasez de los sueldos de estos, de tan solo 10 ducados al mes. La brevedad del curso implicó que los pilotos que hacían la carrera de Indias carecieran de los conocimientos necesarios, por lo que continuaron durante muchos años las pérdidas de navíos y vidas humanas.

Prueba de la insuficiente formación de los pilotos la encontramos cuando, entre 1596 a 1598, se llevó a cabo la reforma de los instrumentos para la navegación

y de las cartas de marear por los cosmógrafos del Consejo de Indias, Ondériz y García de Céspedes. La práctica totalidad de los pilotos no supo contestar los formularios que sobre cuestiones técnicas se les presentaron. Por último, en 1603, tras un Informe[3] del Cosmógrafo Mayor de Indias, el burgalés García de Céspedes, y del catedrático de Madrid Julián Ferrofino sobre la provisión del oficio de piloto mayor, en el que se decía que no era posible encontrar a nadie con conocimientos suficientes, el Consejo de Indias volvió a exigir que los aspirantes a pilotos acudiesen a las lecturas del catedrático un año completo, como establecía la Real Cédula de Felipe II de 1552.

Si el objetivo de preparar adecuadamente a los pilotos de Indias no se cumplió siempre de manera satisfactoria, la otra actividad, la de carácter técnico de la Casa de la Contratación, concretamente la de elaborar cartas e instrumentos adecuados para la navegación de Indias, aunque también sufrió diversos avatares, alcanzó un incuestionable altísimo nivel.

III

La Academia Real Matemática

A pesar de la reforma de los estudios de la universidad salmantina, la patente carencia de técnicos y científicos, sobre todo cosmógrafos, hizo que desde la segunda mitad del siglo se planteara la conveniencia de establecer en la Corte un centro de formación científico-técnica. Las primeras manifestaciones en este sentido parece que corresponden al prestigioso cosmógrafo y contino de palacio Alonso de Santa Cruz, quien en un Memorial[4] dirigido a Felipe II en febrero de 1557 proponía la creación de una cátedra de Cosmografía, vinculada al Consejo de Indias, dirigida a formar en cosmografía y navegación a los propios miembros del Consejo, para que pudieran aconsejar con acierto al monarca. En 1575, el cosmógrafo napolitano Juan Bautista Gesio propuso a Felipe II la creación de una cátedra en palacio como la que existía en Lisboa, que él mismo podría ocupar «leyendo geografía y cosmografía» a los cortesanos españoles para que tuvieran la misma formación que los portugueses. Por diversos motivos, principalmente económicos, ninguna de las dos propuestas fue atendida.

Por fin, a lo que parece, el aposentador mayor y arquitecto real Juan de Herrera consiguió convencer al rey para que creara en la Corte un centro para la formación

[3] Reproducido en M. Esteban Piñeiro: «Los Cosmógrafos al servicio de Felipe II», *Mare Liberum*, n.º 10. Comissão Nacional para as Commemorações dos Descubrimentos Portugueses, Lisboa, 1995.

[4] I. Vicente Maroto: «Alonso de Santa Cruz y el oficio de Cosmógrafo Mayor del Consejo de Indias», *Mare Liberum*, n.º 10. Comissão Nacional para as Commemorações..., Lisboa, 1995.

5.4. Juan de Herrera. Boceto de José Maea, h. 1575. Biblioteca Nacional, Madrid

de técnicos[5]. El principal obstáculo radicaba en la carencia de profesorado cualificado, que no podía encontrarse en las universidades —tan alejadas de los saberes prácticos— ni en ninguna otra institución salvo en la Casa de la Contratación de Sevilla, pero esta solución no era oportuna por el perjuicio que se causaría en la preparación de los pilotos si se la privaba de sus docentes más expertos. El recurrir a extranjeros no era tampoco deseable, tanto por motivos de seguridad como porque se dudaba de su interés, como Herrera había manifestado en numerosas ocasiones.

El reconocimiento de Felipe II como soberano de Portugal en 1581 propició que se resolviera alguno de los problemas planteados. El contacto con los cosmógrafos portugueses, nuevos súbditos y por tanto ya no extranjeros, y la asistencia a las actividades de la Academia de Cosmografía lisboeta influyeron decisivamente. El 25 de diciembre de 1582, en Lisboa, Felipe II expidió dos cédulas; en la primera —en la que toma a su servicio a un joven cosmógrafo portugués, Juan Bautista Lavanha, miembro de la Academia lusitana y formado en matemáticas en Italia— instituye el monarca una «academia de matemáticas, arte de arquitectura y otras ciencias»:

> [...] deseando el provecho de nuestros vasallos y que en mis reynos haya hombres expertos y que entiendan bien las matemáticas y el arte de la arquitectura y las otras

[5] Sobre la historia de esta Academia, I. Vicente Maroto y M. Esteban Piñeiro: *Aspectos de la Ciencia Aplicada en la España del Siglo de Oro*, Valladolid, Junta de Castilla y León, 1991 (reeditada en 2006).

> çiencias y facultades a ellas anejas, y habiendo aprovada Relación de la abilidad y sufiçiencia de Juan Bautista de Labaña, avemos acordado reçivirle en nuestro servicio para que se ocupe y entienda en mi corte y donde se le ordenare en cosas de cosmografía, geografía y topografía, y en leer matemáticas en la forma y lugar que se le mandare.

En la segunda cédula nombra al ayudante de Labaña: Pedro Ambrosio Ondériz, discípulo del humanista Pedro Simón Abril. Tenía el encargo adicional de traducir al castellano los textos necesarios para las enseñanzas, pues —de manera semejante a lo que se hacía en la institución portuguesa— se decidió que las lecturas se realizasen en castellano, eliminado el obstáculo que suponía para muchos posibles interesados el desconocimiento del latín.

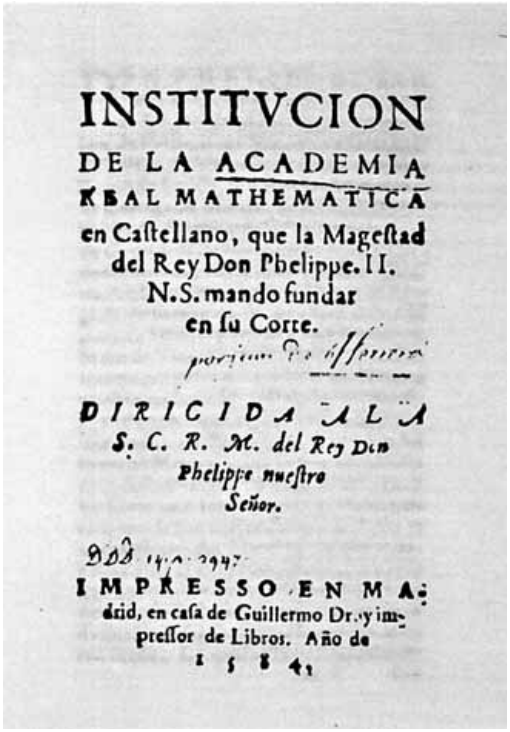
La importancia que se dio a estos cargos, y por tanto a la futura Academia, se pone en evidencia al constatar que en los respectivos nombramientos se otorga a sus titulares la calidad de criados del rey, lo que suponía, entre otros derechos y privilegios, los de aposento y botica y depender de la jurisdicción real exclusivamente. Por otro lado, estaban sujetos a una serie de obligaciones como, por ejemplo, residir en la corte o donde mandara el monarca.

Además, se establecía que las lecturas y las funciones de ambos profesores estarían controladas por Juan de Herrera, a quien correspondía firmar unos certificados sobre las actividades de los dos profesores, cuya presentación era indispensable para que pudieran percibir su remuneración. La elevada cuantía de esta (Labaña tenía estipulados 400 ducados anuales, y 200 su ayudante Ondériz) es otra prueba de la importancia concedida a la Academia. Basta recordar que un catedrático de Prima tenía escasamente 200 ó 250 ducados anuales, tanto en la universidad de Valladolid como en la de Salamanca.

Las lecciones, una al día, matinal, leída por Labaña, no pudieron comenzar hasta octubre de 1583 por falta de un lugar apropiado próximo al Alcázar Real. En principio, se pensó en impartirlas en un aula de los Estudios de la Villa[6], para lo cual se pidió licencia al Ayuntamiento de Madrid, que el 23 de abril de 1583 tomó el siguiente acuerdo:

> [...] el sr. corregidor dice que de horden de su magd. se le ha mandado proponga a este Ayto., como ha sido servido por hazer beneficio a estos reynos, de mandar dar orden en las republicas principales dellos se lea y enseñe el arte de la arquitectura y los demás que son necesarias para el arte del buen fabricar para los alarifes y personas que en las fábricas han de juzgar tengan la ciencia que se requiere, y que manda que la primera y principal donde se enseñen y lean estas ciencias sean en esta billa, y por lo que entienda y probea y de orden donde se ponga el estudio della, dando traslado dello a sus señorías para que con su autoridad e ynstrucción se haga y se cumpla y execute lo que sobresto su magestad tiene ordenado.
>
> Y por los dichos señores vista la dicha propusieron y acordaron que los señores Barme Belázquez de la Canal y don Gabriel de Múxica juntamente con el sr.

[6] A. Portabales: *Maestros mayores, Arquitectos y aparejadores de El Escorial*, Madrid, 1952.


INSTITVCION
DE LA ACADEMIA
REAL MATHEMATICA
en Castellano, que la Magestad
del Rey Don Phelippe. II.
N.S. mando fundar
en su Corte.
DIRICIDA A LA
S. C. R. M. del Rey Don
Phelippe nuestro
Señor.
IMPRESSO EN MA-
drid, en casa de Guillermo Dr.y im-
pressor de Libros. Año de
1584

5.5. Institución de la Academia Real Mathematica, *Juan de Herrera, Madrid, 1584.*

> Corregidor entiendan de Juan de Herrera, arquitecto de su magd., lo que con esto tiene probeydo y mandado, y den orden como en el estudio de esta billa se dispusiese una aula y lo demás que fuere necesario para ayase hecho lo que su magd. manda.

A pesar de este acuerdo, las lecturas se impartieron en una casa, delante del Alcázar Real de Madrid, que había formado parte del antiguo convento de Santa Catalina de Sena —lindando con la muralla de la villa, en las proximidades de la ya entonces desaparecida Puerta de Balnadú—. La finca fue inicialmente arrendada a las religiosas, pero en marzo de 1584 el veedor de las obras del Alcázar, Luis Hurtado, la compró en nombre del rey y durante treinta años fue la sede de la *Academia Real Mathematica*.

En las mismas fechas en que comienzan las lecturas, Juan de Herrera escribió las *Instituciones* o estatutos[7] de la institución palaciega, que publicó a finales de 1584. En sus páginas Herrera denuncia la falta de expertos en matemáticas que padecía España y la necesidad de establecer un centro en el que esas ciencias se explicasen en castellano. Al mismo tiempo, detalla la finalidad última de la creación de la *Cathedra de Mathematicas*: «ennoblecimiento de la Corte y bien universal [...] de tanto provecho que será para la juventud noble que en esta Corte de S. M. se cría».

[7] La *Institución de la Academia Real Mathematica* de Juan de Herrera ha sido publicada en facsímil por el Instituto de Estudios Madrileños, Madrid, 1995.

Establece claramente que la Academia estaba dirigida a la formación científico-técnica de los jóvenes cortesanos y remarcaba la circunstancia de que a pesar de que las universidades tenían instituidas cátedras de matemáticas, estas contaban con tan pocos alumnos que en todo el reino existían muy pocas personas con unos mínimos conocimientos científicos, de manera que «ay falta en la república de artífices entendidos y perfectos para muchos usos y ministerios necesarios a la vida política». Por tal motivo, señala Herrera,

> [...] el rey ha dispuesto que en su Corte haya una lección pública de Mathematicas, trayendo para ello personas eminentes que las lean y enseñen pública y graciosamente.

Se precisa, de esta manera, que las lecturas están abiertas gratuitamente a cuantas personas lo deseen. Y, en concreto, a todos aquellos a quienes interesen determinadas profesiones, relacionadas con distintas artes, ciencias y técnicas que Herrera detalla: aritméticos teóricos y prácticos, geómetras diestros en mediciones, astrónomos expertos en el movimiento y curso de los cielos, músicos diestros en teórica, cosmógrafos científicos capaces de describir y situar tierras y provincias, pilotos diestros que sepan navegar y guiar las grandes flotas y poderosas armadas, arquitectos y fortificadores que sepan diseñar ciudades y fortalezas, ingenieros y maquinarios capaces de construir todo tipo de ingenios, artilleros y maestros en aparatos bélicos y fuegos artificiales para los usos de la guerra; fontaneros y niveladores de aguas para los acueductos y regadíos, así como para desaguar y beneficiar las minas de Indias, horologiógrafos capaces de construir relojes de sol y, por último, pintores y escultores. Y, además, recalca:

> [...] para los hijos de los nobles que en la Corte y palacio de Su Magestad se crían, y se instruyen en el lenguaje y trato cortesano, tengan entretanto que salen a la guerra y cargos del gobierno, ocupación loable y virtuosa en que gastar el tiempo honradamente, sin que por falta de conversación larga y de gusto hayan de dar en entretenimientos derramados y otras faltas que siguen a la juventud desocupada.

Se refleja aquí, pues, la verdadera naturaleza de esta cátedra, la de proporcionar instrucción científica a todos los posibles técnicos y a los cortesanos. Consiste, pues, en una actualización y «generalización» de las escuelas de palacio, establecidas en la Corte castellana desde épocas muy anteriores.

También dedica Herrera unas páginas a los libros y textos que debieran leerse en la Academia, precisándolos en función del interés del alumno. Así, por ejemplo, indica que los que deseen ser aritméticos deben saber «los nueve libros de Euclides, alguna otra aritmética theorica como la de Iordano o Boecio y la parte practica sacarla en el de frate Luca o los de Tartaglia»; los que intenten ser geómetras y mensuradores «han de saber los primeros libros de Euclides, la doctrina de triángulos de Monte Regio, los últimos cinco libros de Euclides, con el 10, los esféricos de Theodosio, los Cónicos de Apolonio Pergeo, la obras de Archimedes de sphera y cilindro».

Añade que tanto los que deseen dedicarse a las mecánicas como los astrólogos, los gnomónicos, los perspectivos, los músicos, los arquitectos, los fortificadores, los

niveladores y los artilleros deben conocer sobre todo, además de ciertas obras específicas que detalla en cada caso, la *Geometría* de Euclides. Resalta el caso de los cosmógrafos y de los pilotos, para los que considera indispensable el conocimiento de la *Esfera* y de las *Teóricas de los planetas* y «entender muy de rayz la Geographia de Ptolomeo» junto con el uso y fundamento de las cartas de marear, del astrolabio, de la ballestilla y de la aguja.

Finalmente recoge Herrera en esta *Institución* el que las lecturas se realicen en «vulgar», no en latín, y que

> los que en esta escuela quisieren aprovecharse y salir examinados della, se les den sus cartas de aprovación y títulos en forma, conforme a la facultad que profesaren. Con todas las honras, prerrogativas y preheminencias que las Universidades aprobadas suelen dar, y algunas más, proveyendo (si conviniesse) por ley y público decreto, que ninguno sin ser examinado por las personas que para ello se nombrare, use públicamente, ni exercite profesión alguna de las arriba nombradas.

Este último párrafo del documento tiene particular importancia, pues plantea la posibilidad de que la Academia emitiese títulos con todas esas «especialidades técnicas», previo el examen correspondiente, pero lo que es aún más relevante y novedoso: Herrera defiende la necesidad de poseer ese título para desempeñar cualesquiera de todas esas profesiones. Se propone de manera clara la «institucionalización» estricta del ejercicio profesional de los técnicos y de los científicos en España.

El éxito inicial de la Academia Real debió de ser grande, pues desde octubre de 1584 se duplicaron las horas de clase: a la matinal diaria impartida por Labaña, quien se encargó de leer las materias más estrictamente relacionadas con la náutica (siguiendo, posiblemente, dos textos elaborados por él mismo —que se conservan manuscritos— titulados *Tratado del arte de navegar* y *Tratado de Arquitectura naval*), se agregó otra, también diaria, leída por las tardes por Ondériz, sobre temas de geometría, preferentemente la esférica, siguiendo un tratado que este escribió al efecto denominado *Uso de los Globos*.

Durante sus ocho primeros años de vida la Academia siguió dependiendo administrativamente de Palacio, y el control de sus actividades docentes estuvo a cargo de Herrera, quien cumplía con su obligación de expedir los certificados al final de cada cuatrimestre sobre el grado de cumplimiento de los dos profesores.

Posiblemente con la intención de aliviar la deteriorada economía de Palacio, en septiembre de 1591 la Academia pasó a depender del Consejo de Indias pero sin perder Herrera el control de su actividad. El traslado de Labaña en esas fechas a Lisboa como nuevo Cosmógrafo Mayor de Portugal y el desdoblamiento del oficio de Cosmógrafo-Cronista Mayor del citado Real Consejo de Indias, aconsejado por la diferente naturaleza de ambas funciones, facilitaron esa medida: se nombró Cronista Mayor de Indias al licenciado Juan Arias de Loyola, con la obligación adicional de impartir la clase matinal de la Academia Real, la que había leído hasta ese momento Labaña; el nuevo oficio de Cosmógrafo Mayor de Indias fue otorgado a

Ondériz, quien mantuvo sus obligaciones docentes y traductoras en la Academia junto a las propias de su nuevo cargo, entre las que destacó la tarea de enmendar el Padrón Real y las cartas y los instrumentos de navegación de la Casa de la Contratación de Sevilla, según un plan de trabajo contenido en una Instrucción también de Juan de Herrera.

Cuatro cursos se mantuvo esta situación en la Academia, durante los cuales Arias leyó los temas de cosmografía, como lo atestigua su *Compendio de Cosmografía y de Esfera*, que recoge parte de sus lecturas. Por otro lado, la actividad docente de Ondériz se vio afectada por sus continuas ausencias de la Corte, al tener que desplazarse a Sevilla con motivo de sus trabajos en la citada Enmienda, de tal manera que, ante la imperiosa necesidad de concluirla, el Consejo de Indias solicitó del rey, en julio de 1595, que se concediera licencia a Ondériz para que se trasladase durante al menos un año a Sevilla y abandonara la Academia; pero antes de que el monarca resolviera Ondériz enfermó gravemente, falleciendo en la Corte en los primeros días de 1596.

Con el fin de nombrar al profesor que debía reemplazar a Ondériz, Herrera aconsejó, en un Informe[8] fechado el 8 de enero de ese año, que el sustituto fuese el licenciado Andrés García de Céspedes, pero el Consejo de Indias decidió que, debido a sus grandes conocimientos y a su experiencia, debía ser el nuevo Cosmógrafo Mayor y dedicarse únicamente a concluir la reforma del Padrón y de los instrumentos, por ser asunto más grave y de mayor importancia.

Herrera sugirió entonces acudir al milanés Julián Ferrofino, quien estaba al servicio de Felipe II desde 1575, y que en esos momentos se hallaba en la Corte después de haber concluido la misión de formar artilleros en Sevilla. El monarca, que tenía noticias de diversos incumplimientos de Arias de Loyola en sus obligaciones como cronista, aunque no de las docentes, aprovechó para cesarle y nombrar a un único matemático como profesor de la Academia Real, ahorrándose así un salario.

El 30 de septiembre de 1595 se designó a Ferrofino para Catedrático de Matemáticas de Palacio, con la obligación de leer las dos lecciones diarias y de traducir las obras que necesitasen los oyentes, manteniendo su relación administrativa con el Consejo de Indias, aunque sin el ostentar el cargo de cosmógrafo mayor, y respondiendo de su actividad docente ante Herrera. Las materias leídas fueron las mismas que las realizadas por sus antecesores, los *Elementos* de Euclides y la *Esfera*, pero también incidió en los temas en que era especialista, que recogió en su *Descripción y tratado muy breve de Artillería*.

Dos años después, ya fallecidos sus dos creadores, se dio una orientación más amplia a la Academia y, por tanto, más de acuerdo con la *Institución* del arquitecto real: por iniciativa del Conde de Puñonrostro, general de la Artillería y máximo responsable

[8] Instituto Valencia de Don Juan, Envío 45 (Junta de Madrid).

de ella en el Consejo de Guerra, se impartieron nuevas materias relacionadas con el arte militar y con la ingeniería, que complementaban las dadas por Ferrofino.

Durante dos cursos se desarrolló un conjunto de enseñanzas que hicieron de la cátedra, por primera y única vez, una auténtica academia, con varios profesores además de Ferrofino: dos matemáticos, Juan Cedillo Díaz y Juan Ángel, y dos ingenieros militares, el capitán Cristóbal de Rojas y el alférez Rodríguez de Muñiz, aunque ninguno de los cuatro llegó a tener nombramiento real como profesor de la Academia. En esa época, la existencia de la Academia y la actividad de los titulares de la cátedra eran bien conocidas en Europa, como lo demuestran diversas correspondencias de algunos jesuitas españoles con el catedrático del Colegio de Roma, el prestigioso matemático Clavio. Pero debido a la marcha del conde de Puñonrostro a Sevilla y al traslado de la Corte a Valladolid, se truncó este amplio enfoque. Más aún, ciertas circunstancias, además de la falta de un local apropiado, impidieron que la docencia se desarrollase en la capital castellana con regularidad.

La muerte de Ferrofino en 1604 y la imposibilidad de buscarle un sucesor a pesar de los edictos mandados poner por el Consejo de Indias en las Universidades —prueba de que se seguía sufriendo en España carencia de matemáticos suficientes y de prestigio— determinaron la paralización de toda actividad de la Academia hasta 1607, fecha en que, aprovechando el regreso de la Corte a Madrid, se impulsó la reanudación de las lecturas. Se recurrió al Cosmógrafo Mayor de Indias, el citado Andrés García de Céspedes, a quien se nombró también catedrático de matemáticas y que se comprometió a leer el curso completo de las «matemáticas» en tres años, como así hizo desde el día de su nombramiento, 3 de septiembre de 1607, hasta el de su jubilación, 4 de febrero de 1611, con salario muy elevado para su época, 800 ducados anuales.

«El curso completo de las matemáticas» era en muchos aspectos análogo al plan de estudios vigente entonces en la Cátedra de Matemáticas de Salamanca: en el primer año, la *Esfera*, *Theóricas de los Planetas* y las *Tablas* del rey don Alonso; en el segundo, los *Seis Libros Primeros de Euclides*, y «lo que faltare del año», el *Almagesto* de Ptolomeo; y en el último, cosmografía, navegación y algunos instrumentos.

De esta forma se retomó la primitiva orientación de la cátedra, esencialmente cosmográfica y dirigida hacia la navegación, y que se mantuvo hasta la extinción del oficio, como pone de relieve la denominación que recibió desde entonces su titular, «Catedrático de Matemáticas y Cosmógrafo Mayor del Consejo de Indias», y como lo confirman las versiones que el doctor García de Céspedes elaboró de diferentes textos y que utilizó para sus lecturas, principalmente el *Regimiento de tomar la altura del Polo*, *Las Teóricas de los Planetas* y el *Regimiento de navegación*.

El 5 de febrero de 1611 fue nombrado para suceder a Céspedes, que había solicitado su jubilación, el doctor Juan Cedillo Díaz, deán de la catedral de Pastrana y capellán del influyente Marqués de Moya. El clérigo toledano mantuvo su oficio y desarrolló su labor docente hasta su muerte, el 24 de julio de 1625.

De estos quince años de actividad de la cátedra tenemos amplios conocimientos gracias a un conjunto de manuscritos dejados por Cedillo[9] que nos informan tanto de las materias por él leídas —el mismo curso de matemáticas de su antecesor— como del resto de las actividades, consistentes en múltiples observaciones astronómicas realizadas en compañía de sus discípulos. En relación con sus tareas docentes e investigadoras redactó numerosos trabajos; así, por ejemplo, *La calamita, brújula y del noroestear y nordestear de las agujas, Dianoia de los aspectos de los planetas*, *Tratado de la carta de marear*, las traducciones de *Los dos libros del Arte de Navegar* de Pedro Núñez de Saa, del *Flujo y del reflujo mar* de Galileo, de los *Seis primeros Libros* de Euclides, del *Tratado de Artillería de Tartaglia* y, sobre todo, destaca su *Ydea astronómica de la fábrica del mundo y movimiento de los cuerpos celestiales*, título tras el que se esconde la segunda versión en una lengua romance, aunque incompleta, del *De Revolutionibus Orbium Caelestium* de Copérnico. Estos escritos y traducciones, dirigidos a los alumnos, no dejan lugar a dudas sobre el

LA
PERSPECTIVA,
Y ESPECVLARIA DE
Euclides. Traduzidas en vulgar Castellano, y dirigidas a la S. C. R. M. del Rey don Phelippe nuestro Señor. Por Pedro Ambrosio Onderiz su criado.

EN MADRID.
En casa de la viuda de Alonso Gomez.
Año. M. D. LXXXV.

BIBLIOTECA DE BELLAS ARTES
N.º 850
DE ANTONIO CÁNOVAS Y VALLEJO
BIBLIOTECA NACIONAL MADRID

5.6. Perspectiva y Especularia, de Euclides. *Traducida por Pedro Ambrosio de Ondériz, 1585.*

[9] Sobre las obras manuscritas de Cedillo, ver I. Vicente Maroto y M. Esteban Piñeiro, 1991. Un análisis de esta traducción del texto copernicano se encuentra en M. Esteban Piñeiro y F. Gómez Crespo: «La primera versión castellana de *De Revolutionibus Orbium Caelestium*: Juan Cedillo Díaz (1620-1625)», *Asclepio*, vol. xliii, 1, 1991.

carácter de la academia ni sobre su actualización, fundamentalmente en lo referente a los temas astronómicos y técnicos aplicados a la navegación.

Tras el fallecimiento de Cedillo, ningún científico con suficiente formación y prestigio acudió a la llamada de los edictos para ocupar la cátedra vacante de la Academia Real, hecho que llevó al Consejo de Indias a encargar su desempeño, de forma provisional y en las mismas dependencias de la Academia, a miembros de la Compañía de Jesús de Madrid elegidos por el director del recién creado Colegio Imperial de San Isidro.

Cuatro años más tarde, en 1629, se produjo el traslado de las clases a los locales de citado colegio, con lo que la Academia abandonó para siempre su casa de la puerta de Balnadú y la cátedra quedó definitivamente encomendada a matemáticos jesuitas. Los nuevos catedráticos, durante los siguientes ciento cincuenta años, seguían obligados por sus nombramientos —realizados por el monarca, a propuesta del director del Colegio y previo informe del Consejo de Indias, institución que continuó sufragando sus salarios y los gastos de funcionamiento de la cátedra— a impartir las mismas materias y el mismo «plan de estudios» que había establecido Juan de Herrera, aunque el análisis de sus actividades revela una gran actualización de las lecturas, de forma que la «cátedra herreriana» fue el principal centro difusor de los progresos científicos europeos en España durante los siglos XVII y XVIII. Lo que resulta evidente si se comprueba que ocuparon la cátedra jesuitas, españoles y extranjeros, del nivel científico de, por ejemplo, Claudio Ricardo, Carlos de la Faille, Jacobo Kresa, Pedro de Ulloa, Alexandro Berneto, Nicasio Gramatici, Manuel de Campos, Carlos de la Reguera, Pedro de Fresneda, Juan Wendlingen, Cristiano Riegen y Tomás de la Cerda.

El conjunto de las lecturas que tuvieron que impartir figura recogido en las Ordenanzas del Consejo de Indias que dictó Felipe IV en 1636 y que en la Recopilación de 1661 corresponde al título trece del capítulo II. Más concretamente, la Ley V regula hasta el mínimo detalle el contenido de las actividades de la cátedra:

> El Cosmógrafo que como catedrático leyere la Cátedra de Matemáticas. Mandamos que la lea en la parte que le fuere señalada o señalase en nuestra Casa y Palacio, y cerca del Consejo de las Indias, todos los días que le huviere, una hora entera a la mañana, en el invierno desde nueve a diez; y en verano de ocho a nueve, mudando las horas quando el dicho Consejo las mudare, y gozando de vacaciones los dos meses de julio y agosto, y las de la Pascua que gozare el Consejo y no pueda tener ni tenga otras más, y en lo que toca a las lecturas guarde el orden siguiente:
>
> El primer año, que comenzará por septiembre, desde principio dél hasta Navidad ha de leer la Sfera de Sacrobosco, y las quatro reglas de aritmética, regla de tres, y sacar raíz cuadrada y cúbica, y algunas reglas de quebrado; y desde Navidad hasta fin de abril, las Teoricas de Purbachio; y desde principios de mayo hasta las vacaciones, las Tablas del Señor Rey Don Alonso.
>
> El segundo año desde principio dél hata fin de febrero, ha de leer los seis primeros libros de Euclides; y desde primero de marzo hasta fine dél, lea arcos y cuerdas, senos rectos, tangentes y secantes; y hasta fin de abril el libro quarto de los Triángulos

> Esferales de Juan de Monte Regio y desde principio de Mayo hasta las vacaciones, lo que alcançare del Almagesto de Ptolomeo.
>
> El año tercero, desde principio dél hasta la Navidad, ha de leer Cosmografía y navegación; y desde Navidad a Pascua de Resurrección, el uso del astrolabio, declarando primero su fábrica; y desde esta Pascua hasta las vacaciones, el modo que se debe tener en hazer observaciones de los movimientos del Sol y Luna, y los demás Planetas. Y demás desto, en este dicho tiempo ha de enseñar el uso del Radio Globo, y algunos otros instrumentos matemáticos, y con esto se acabará este curso; y en los de adelante, cada tres años bolverá a leer lo mismo.
>
> En los meses de vacaciones podrá leer materias de reloxes, y mecánicas, con algunas máquinas, y dar a entender en qué consiste la fuerza dellas, y otras cosas a este propósito.

La expulsión de los jesuitas conllevó la desaparición de los estudios del Colegio Imperial, pero no la extinción de la «cátedra herreriana» creada por Felipe II, al ser extraña a ellos. Carlos III, deseando mantenerla, nombró como nuevo catedrático-cosmógrafo al valenciano Juan Bautista Muñoz, el 28 de octubre de 1770, quien abandonó la Universidad de su tierra para trasladarse a Madrid, aunque no consiguió reanudar las actividades docentes de la Academia por falta de locales. Trece años después se extinguió por resolución real la cátedra y a Muñoz se le encargó redactar la Historia de las Indias.

La comparación entre los contenidos de la *Institución*, es decir, entre las características de la Academia deseada por Herrera y las de la Academia que realmente existió muestra que en muy pocos aspectos se alcanzó lo pretendido. Ante todo, no se lograron los objetivos esenciales. Así, la Academia no tuvo el amplio alcance pretendido por Herrera, pues apenas sus enseñanzas salieron del ámbito de la cosmografía y de la navegación, salvo los dos años en que se orientó hacia la ingeniería militar. Aparte de la crónica falta de disponibilidad de fondos, la explicación de esta reducción puede encontrarse en la especial relevancia que la navegación y la cosmografía tenían en ese momento para la Corona y, entrando en una circunstancia más coyuntural, en la necesidad de facilitar a los cortesanos una formación en esas materias, dentro de los planes de invasión de Inglaterra, ya en los proyectos del Felipe II.

Esta dedicación casi exclusiva de la Academia hacia las materias cosmográficas y náuticas se patentizó desde los primeros días de su actividad. Una prueba la tenemos en un conocido memorial de Herrera de 1584, citado anteriormente. En él, escrito unos pocos meses después que la *Institución*, el Aposentador Mayor ya se lamentaba de que seguía sin existir en la Corte un lugar donde se formaran los técnicos, en particular los arquitectos e ingenieros, cuando en esos momentos la Academia llevaba casi un año funcionando.

Nos consta que nunca se realizaran exámenes ni pruebas que mostraran los conocimientos adquiridos por los alumnos; tampoco se expidieron certificados ni títulos. Cuando se quiso justificar la asistencia a las lecturas para alegarlas como

méritos hubo que recurrir a testimonios de testigos ante escribano público. Así, tenemos el ejemplo del licenciado en leyes Jerónimo Sánchez de Carranza, quien deseando justificar méritos para conseguir un alto cargo en la administración real inicia, en abril de 1589, un expediente[10] para «averiguar la calidad de mi persona y lo que he servido a S. M.». Atestiguan ante escribano público sobre sus conocimientos y cualidades diversas autoridades, entre ellas el capitán Cristóbal de Rojas, quien afirma que don Jerónimo es «experto en Matemáticas». Pero quien da más detalles es Juan de Castañeda, conocido escribano sevillano, quien después de señalar diversos méritos del peticionario considera como el de más relieve que «se va a oír algunos ratos por las mañanas desde el patio del Palacio, la liccion de matemáticas, y aunque él es muy perito en ellas, le huelga de oír, así por su contento como porque se lo piden amigos para que después se le recorra como hombre que tanto sabe y entiende della».

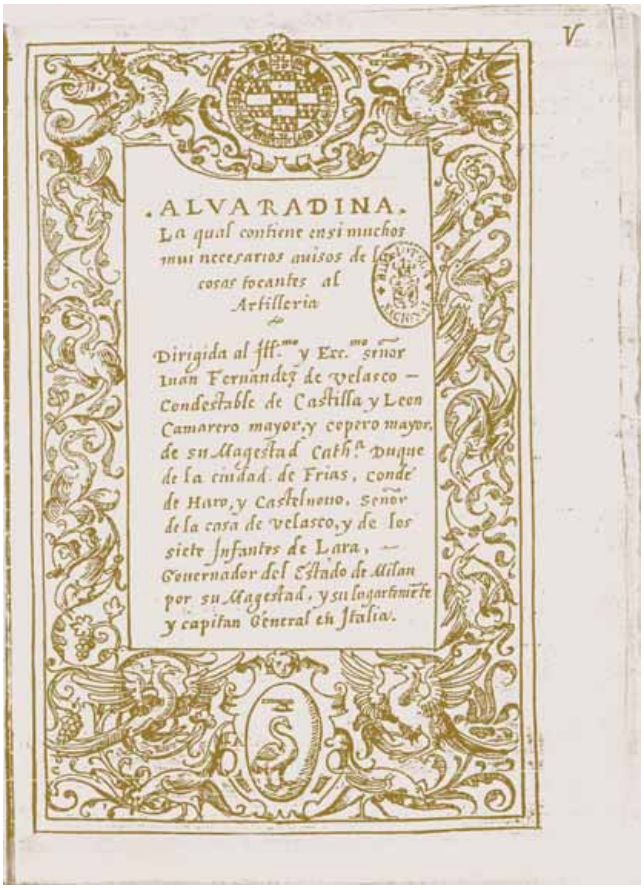
Don Jerónimo, en ese mismo año, fue nombrado por Felipe II gobernador de Honduras.

Por otro lado, los medios tanto materiales como personales fueron muy escasos. No existía ninguna provisión de gasto ni con cargo al Alcázar Real, primero, ni después al Consejo de Indias, salvo lo destinado a salarios de los profesores; recordemos que hasta 1595 hubo dos oficios de profesor en la Academia y desde esa fecha uno solo, aunque con un salario que era suma de los dos anteriores. Por otro lado, no se disponía de «presupuesto» con el que hacer frente a los gastos de edición de las obras que los profesores estaban obligados a escribir o traducir. Ondériz tuvo de adelantar de su propio patrimonio el coste de la *Perspectiva y Especularia*, aunque Felipe II le entregó posteriormente 200 ducados para compensarle.

Tampoco se ha encontrado ningún documento por el que pueda concluirse la adquisición de libros, instrumentos o cartas náuticas. Posiblemente, y de modo análogo a lo que sucedía en la Casa de la Contratación, los libros e instrumentos eran adquiridos a título individual, por lo que la Academia no contaba con ninguna colección ni de unos ni de otros. En todo caso, los cuadrantes, báculos, agujas, niveles o astrolabios estarían construidos, al ser objetos del trabajo diario y no para decorar gabinetes de nobles, en madera y cartón, con lo que es muy difícil que, de existir, hayan podido llegar hasta nosotros.

En cambio sí se cumplió, aunque parcialmente, el proyecto de Herrera sobre la traducción de los textos adecuados para las lecturas: desde Ondériz, los sucesivos profesores de la cátedra tuvieron la obligación, expresada en su nombramiento, de «traducir del latín al romance los libros que fueren necesarios para los oyentes según las materias que se les leyere».

[10] M. Esteban Piñeiro: «Los Cosmógrafos al servicio de Felipe II. Formación científica y actividad técnica». *Mare Liberum*, n.º 10. Comissão Nacional para as Commemorações dos Descubrimentos Portugueses, Lisboa, 1995, pp. 525-539.


V.

ALVARADINA.

La qual contiene en si muchos muy necesarios auisos de las cosas tocantes al Artilleria

Dirigida al Ill.mo y Exc.mo señor Iuan Fernandez de velasco — Condestable de Castilla y Leon Camarero mayor, y copero mayor de su Magestad Cath.a Duque de la ciudad de Frias, conde de Haro, y Castelneuo, señor de la casa de velasco, y de los siete Infantes de Lara, — Gouernador del Estado de Milan por su Magestad, y su logartheniente y capitan General en Italia.

5.7. Alvaradina. *Tratado de artillería conservado en la Biblioteca Nacional, Ms. 8895, h. 1595.*

Así, el matemático manchego tradujo antes de 1585 los libros XI y XII de los *Elementos* —los seis primeros libros habían sido impresos[11] al castellano en 1576 por Rodrigo Zamorano—, la *Perspectiva y Especularia*, que como se dijo publicó a expensas del rey en 1585, los *Esféricos* de Teodosio y los *Equiponderantes* de Arquímedes. Como se aprecia, todas estas obras corresponden a algunas de las materias básicas que debían leerse según la Instrucción del Aposentador Mayor. El protagonismo de Herrera en esta se comprueba, por ejemplo, leyendo[12] la carta que envía al secretario de Felipe II, Juan de Eraso, en septiembre de 1584, en donde soli-

[11] M. Esteban Piñeiro e I. Vicente Maroto: «Primeras versiones castellanas (1570-1640) de las obras de Euclides: Su finalidad y sus autores», *Asclepio*, XLI, pp. 203-232, 1989.

[12] AGS, CSR-280, fol. 1244. Está reproducido en *Aspectos de la Ciencia Aplicada...* (1991), p. 121.

cita la concesión de 700 ducados para grabar las figuras de la edición que estaba preparando Ondériz de la *Perspectiva y Especularia*.

Como se vio más arriba, todavía fue mayor la labor traductora de Cedillo, aunque no llegó a imprimirse.

Por otro lado, una vez establecido que la Academia proporcionaba además de las enseñanzas básicas matemáticas, análogas a las impartidas en Salamanca, las centradas en las ciencias cosmográficas y náuticas, es lógico pensar que, al menos, de sus aulas saliera un buen número de expertos en tales saberes. Pero esto es difícil de mantener. Es cierto que, en los más de cuarenta años transcurridos desde su fundación hasta la muerte de Cedillo, el número de oyentes fue bastante elevado, según diversas referencias, pero la finalidad pretendida por Juan de Herrera no se alcanzó: a la mayoría de los alumnos —como Francisco de Bobadilla, el Marqués de Moya, Bernardino de Mendoza, el Marqués de Mirabel, Francisco de Garnica o el escritor Lope de Vega— les movía más el interés de adquirir unos superficiales conocimientos, sin demasiado esfuerzo, sobre cosmografía y navegación, por su posible utilidad para su promoción personal, que llegar a ser auténticos expertos en esas ciencias y artes, algo que requería mayor dedicación y sacrificio.

Ejemplos concretos de la carencia de cosmógrafos encontramos muchos. Así, el Informe[13] de noviembre de 1603 realizado por García de Céspedes y por Ferrofino, a petición del Consejo de Indias, sobre el nombramiento de Piloto de Mayor de la Casa de la Contratación, nos ilustra perfectamente:

> Acerca de lo que V. E. nos manda que mirásemos qué persona habría que fuese conveniente para servir el oficio de Piloto Mayor de Sevilla, después de haber tratado y considerado los matemáticos que hay, no hemos hallado persona que pueda servir aquel oficio según se requiere, porque hay algunos matemáticos, no tienen la práctica de aquella navegación, ni de lo que es necesario para examinar los pilotos y los instrumentos de la navegación, y así nos ha parecido que se puede dar este oficio a Rodrigo Zamorano [...]. Demás desto es necesario que se vayan criando personas que faltando uno haya quien lo pueda suceder y en este tiempo habrá quien lea la cátedra con más curiosidad y cuidado que Zamorano.

Otras pruebas, quizás aún más significativas, de ese fracaso de formar a expertos cosmógrafos las encontramos en los momentos en que la cátedra de la Academia queda vacante. Recordemos los problemas del Consejo de Indias para conseguir nuevos titulares tras el fallecimiento de Cedillo. Parece que ningún alumno había adquirido la formación adecuada.

En cambio, la Academia sí contó con un profesorado eminente y prestigioso: su alto nivel científico no presenta duda y el cumplimiento de sus obligaciones queda totalmente demostrado al analizar la gran cantidad de obras —originales o traducciones— que produjeron todos los titulares.

---

[13] Reproducido en M. Esteban Piñeiro: «Los Cosmógrafos al servicio de Felipe II», *Mare Liberum*, n.º 10. Comissão Nacional para as Commemorações dos Descubrimentos Portugueses, Lisboa, 1995.

En lo referente al nivel y actualización de las enseñanzas en la Academia, se comprueba que en ella se difundieron las obras de los científicos europeos, pues se leyeron, entre otros, a Tartaglia, Cardano, Núñez de Saa o Galileo. Especial mención merecen las explicaciones de García de Céspedes sobre la teoría de Domingo de Soto sobre la caída de los graves y la defensa realizada por Cedillo Díaz de las teorías copernicanas gracias a su versión castellana del *De Revolutionibus*.

Por lo tanto, debe quedar claro que la *Academia Real Mathematica* fundada por Felipe II, aunque no consiguió formar los técnicos que el monarca precisaba ni la institucionalización de las profesiones técnicas pretendida por Herrera, sí tuvo un significado científico importante: sus profesores, aunque muy escasos en número, fueron siempre matemáticos de alto nivel que intentaron difundir los últimos avances de las ciencias matemáticas, especialmente las cosmográficas, al tiempo que resolvían cuantas cuestiones relacionadas con la navegación, la cartografía, la ingeniería o el arte militar les planteaba el monarca o el Consejo de Indias, tal y como estaban obligados por sus nombramientos.

IV

Academias de Matemáticas en las ciudades del reino

Juan de Herrera fue también el principal impulsor de otro proyecto dirigido a la formación de los técnicos y que pudo tener mayor trascendencia que el de la Academia Real Matemática: la creación de «escuelas de matemáticas» en las principales ciudades castellanas; proyecto que se debatió en las Cortes de Madrid durante cuatro años y que, a pesar de contar con el apoyo real, no prosperó al negarse las ciudades.

El primer intento lo realizó en 1586 el procurador por Guadalajara, Rodrigo de Mendoza, quien propuso a las Cortes que «se suplicase a S. M. que se leyesen matemáticas en las ciudades».

Se acordó nombrar una comisión para que estudiara la propuesta, pero la disolución de las Cortes impidió que se avanzara en el proyecto. El 3 de diciembre de 1587, el procurador por la villa de Madrid, Luis Hurtado, ante las nuevas Cortes renueva la propuesta y solicita que Herrera y Labaña, como las personas más entendidas en el tema, informen a los procuradores.

> Y que por entender quán importante y necesario es que esta ciencia [las matemáticas] se enseñe y lea, y que dello se servirá su Magestad, suplica al Reyno que trate dello, y señale el día que mandare entre en él el aposentador Juan de Herrera y Juan Bautista, para oirlos sobre este negocio, como personas que saben tanto dello. Y tratado desto, se acordó, que el lunes primero, entre estas personas en esta proposición contenidas, para oirles sobre este negocio.

El 7 de diciembre, ante los procuradores de Burgos, Jaén, Valladolid, Salamanca, Madrid, Soria, Segovia, Guadalajara y Toledo comparecieron los dos matemáti-

cos. Juan de Herrera defendió la necesidad de crear escuelas de matemáticas a semejanza de la que el propio Felipe II había fundado en la Corte:

> Entraron en el Reyno Juan de Herrera y Juan Bautista, como estaba acordado, y Juan de Herrera dixo mas en particular los beneficios y conveniencias que resultarían de que se pusiese en execución [...] cerca de que en algunas ciudades destos reynos, haya escuelas donde se lean las matemáticas, y que se darían ciertos libros que hay impresos, sobre lo que se ha de leer en las dichas escuelas, y que por parecer a su Magestad que esto era de mucha importancia, havía mandado que se leyesen, como se leían en esta corte, las dichas ciencias, y que lo mismo deseaba que se hiziese en otras ciudades del reyno; y que también havía entendido su Magestad, que el Reyno le daba hoy audiencia al dicho Juan de Herrera, para declaración de la dicha proposición.

Tras deliberar, se acordó nombrar una comisión para que examinase los libros presentados por Herrera y opinase sobre su utilidad.

Un mes más tarde, el 19 de enero de 1588, compareció la Comisión ante los representantes de las mismas ciudades presentes en la sesión anterior más los de Granada. Su informe fue favorable a la existencia de escuelas de matemáticas, atendiendo al bien público y a que la propuesta estaba apoyada por el rey. Se recomendó que fuera cada ciudad o villa la que decidiese sobre la implantación de la escuela, siempre y cuando facilitara el lugar donde fuera a ubicarse, así como la vivienda y el salario, de cien mil maravedíes anuales, para el preceptor encargado de leer las matemáticas, pero únicamente durante los ocho primeros años, pues, pasado ese tiempo, se estimaba que la escuela podría «autofinanciarse» con los ingresos obtenidos de la actividad profesional de los alumnos que en ella se habían formado, principalmente relacionada con los servicios públicos y, en concreto, con la de la construcción. Se acordó, por último, requerir la contestación urgente de cada una de las dieciocho villas y ciudades que en esa época tenían representación en las Cortes castellanas.

Poco después, a instancias del rey —aconsejado por Herrera—, se reclamó rápida contestación y se recordó el interés del monarca por el tema. Pese a todo, las ciudades no se pronunciaron, lo que obligó a Juan de Herrera a presentar ante el reino, ya a punto de finalizar el año de 1588, un Memorial que había dirigido al rey. En él rogaba que se hiciera efectivo el acuerdo de las Cortes de que se estudiasen las matemáticas en algunas ciudades y villas, para lo cual solicitaba que se nombrasen dos procuradores que, en nombre de las Cortes, llevasen a cabo la creación de las escuelas. El citado memorial decía lo siguiente:

> Juan de Herrera, criado de su Magestad, dice: que vuestra Magestad mandó tratar en las Cortes pasadas, se diese orden cómo en algunas ciudades de España se leyesen las ciencias de las matemáticas, a fin de que con ellas se habituasen los hombres en las cosas pertenecientes a buenos ingenieros, arquitectos, cosmógrafos, pilotos, artilleros y otras artes dependientes de las dichas matemáticas, y muy útiles a la buena policía de la república, y en las dichas Cortes se escrivió a las dichas ciudades lo que sobre esto se havía propuesto y, hasta ahora, no se ha respondido nada a ello: con-

> viene al servicio de vuestra Magestad que esto se acave y ponga en la perfección que se ha deseado.

El «Reyno», que no quería proseguir pero tampoco contravenir la voluntad real, acordó que «para mañana, u otro día, se trate dello».

La poca predisposición de los representantes de las ciudades a tratar el tema o, lo que es lo mismo, la escasa o nula importancia que concedían a las matemáticas queda suficientemente demostrada por este acuerdo, máxime cuando ese «u otro día» significó ¡nueve meses!, y si se trató fue porque el rey lo ordenó expresamente. Así, en la Junta del Reino de 4 de septiembre de 1589 se decidió convocar para el día siguiente para discutir sobre las escuelas, obedeciendo el mandato del monarca, pero a la nueva convocatoria únicamente asistieron los representantes de siete ciudades y villas: Burgos, León, Granada, Sevilla, Murcia, Cuenca y Toledo, que volvieron a «dar largas» nombrando una nueva comisión para que reiterase la petición a las ciudades. Esta vez el acuerdo tuvo ya la oposición de los procuradores de León, quienes se atrevieron a expresar lo que pensaban todos los procuradores: su negativa a que fueran las propias ciudades las que soportaran los gastos; y añadieron que «no era bien echarles costa a las Ciudades, sino que su Magestad pida a los monasterios de los teatinos las lean porque se hará con menos costa».

Resulta de particular interés la contestación de los procuradores de León al sugerir que la enseñanza de las matemáticas fuera encargada a los teatinos: con este nombre eran erróneamente conocidos en la España de los siglos XVI y XVII los miembros de la Compañía de Jesús, quienes al cabo de los años, por cierto, tuvieron casi la exclusividad en la enseñanza de las ciencias en nuestro país.

La nueva comisión acordó volver a remitir la solicitud del año anterior pero rogando no solo la rápida contestación sino que –con el fin de agradar al monarca– esta fuera afirmativa, accediendo a la creación de la escuela de matemáticas y al mantenimiento de esta y del preceptor por parte de cada ciudad.

Algunas contestaron; otras, la mayoría, continuaron con su táctica de hacer oídos sordos a los deseos reales. Entre las primeras, solo Burgos, y únicamente para contentar al rey, se ofreció para llevar a cabo el proyecto, aunque no exista ninguna evidencia de que llegara a ser una realidad. Las demás se negaron alegando un motivo u otro.

El 18 de enero de 1590 se leyeron en el «Reyno» las dos últimas contestaciones de las ciudades, Granada y Salamanca. La negativa de Granada se fundó en motivos económicos, aunque sugirió la posibilidad de mantener la escuela con las sobras o remanentes del «encabezamiento», es decir, del impuesto recaudado por el propio municipio. De esta forma no se incrementaría el gasto ni habría que recurrir a nuevas imposiciones, pero la escuela, en caso de llegar a establecerse, padecería una grave situación de precariedad al depender su subsistencia de la existencia de sobras en el citado impuesto.

La respuesta de Salamanca tiene mayor interés pues, aunque no se pronuncia sobre la utilidad de la enseñanza de la matemática, la reconoce implícitamente al

expresar que Salamanca ya contaba con un catedrático que leía las matemáticas, adjuntando además un memorial en el que se recogía un nuevo «plan de estudios de matemáticas»; pero, desgraciadamente, las Actas de las Cortes no detallan su contenido. Unos meses más tarde se creó en la universidad salmantina la cátedra de «partido» de matemáticas, ya analizada más arriba.

De esta forma, después de casi cuatro años de discusiones en las Cortes de Castilla, fracasó el proyecto defendido por Herrera de establecer escuelas en las principales ciudades dirigidas a la formación de técnicos capaces de desarrollar proyectos y de dirigir adecuadamente la ejecución de obras de interés público, con el consiguiente incremento del bienestar de la comunidad. En el fondo, dos fueron las causas que propiciaron esta negativa. Una de carácter económico: las haciendas locales difícilmente podían hacer frente a nuevos gastos en momentos de crisis económica y cuando un nuevo impuesto, el de «los millones», intentaba corregir el déficit presupuestario del Estado a cambio de incrementar, gravando el consumo, la ya agobiante presión fiscal.

La otra, de naturaleza cultural y social: las oligarquías que dominaban las ciudades y villas castellanas eran incapaces de apreciar la importancia de disponer de técnicos con una adecuada formación, ni de sospechar la rentabilidad económica —aunque fuera a medio o largo plazo— que podía producir su actividad. Tan solo en Sevilla, donde las condiciones económico-sociales eran muy diferentes, hubo la sensibilidad suficiente para crear, en 1595, una Cátedra de Matemáticas, como ya se vio más arriba.

V

Las Escuelas de Artillería

Tampoco hasta mediados del sigo XVI se inició la institucionalización de la enseñanza de la artillería. Hasta entonces la única forma de adquirir los conocimientos prácticos sobre la utilización de las piezas artilleras y la balística era aprenderlos de artilleros expertos. Puede decirse que en la gran mayoría de los casos el artillero carecía de la mínima formación teórica.

Algunos memoriales manuscritos fechados en torno a 1540 ilustran sobre los requisitos que se exigían a los aspirantes para poder ocupar el oficio. Tenían que aprender de un maestro artillero «la nomenclatura del material, las cargas, alcances y servicio de todas las piezas, la fabricación de salitres y pólvoras, y la construcción de cestones, fajinas, etc.». Si después de cuatro meses no se veía que el aspirante era «hábil y suficiente para lo dicho [...], se vayan con Dios sin perder el tiempo». Así rezaba el *Libro de Artillería* del capitán Luis Pizaño, y en términos similares se manifestaba el anónimo autor del manuscrito *Desarme de artilleros*.

La suficiencia de los aspirantes era juzgada por el capitán de la Artillería, sus tenientes o aquellos expertos designados al efecto. Tanto la enseñanza como el exa-

men se hacían en las guarniciones de artillería y flotas existentes, con la finalidad de proveer las plazas de artillero que se precisase. Para facilitar el aprendizaje los maestros artilleros elaboraban pequeñas cartillas y breves y sencillos compendios que se difundían a través de copias manuscritas, aunque alguna de ellas llegó a ser impresa, como el *Regimiento e Instrucción para que los marineros sepan usar de la artillería*, redactado por Andrés Muñoz el Bueno, Artillero Mayor de la Casa de la Contratación.

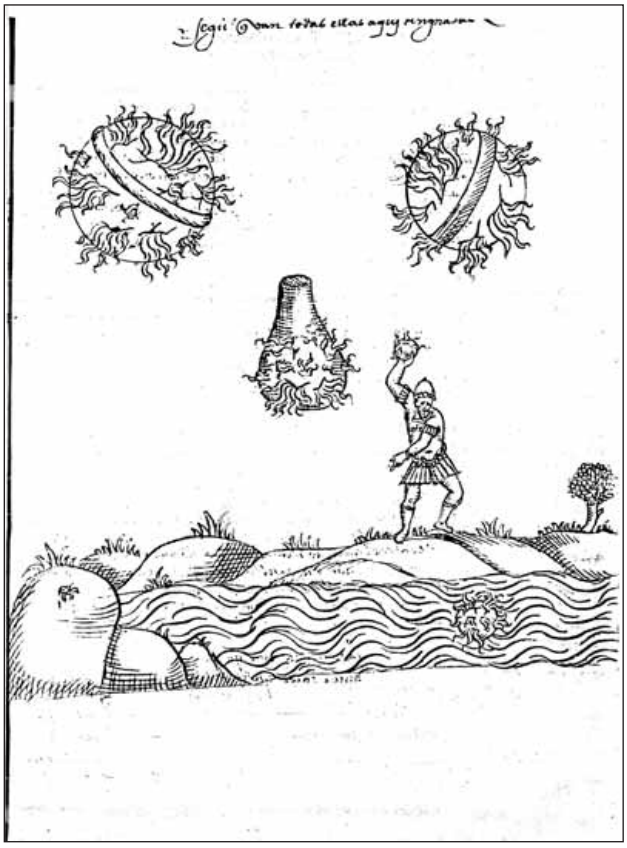
Del funcionamiento de estas «escuelas» de artillería, tanto de tierra como navales, no se tienen muchas noticias aunque sí se dispone de documentación que permite tener una idea aproximada de lo que fue su existencia. Hay que resaltar que la mayoría de estas escuelas tuvo una existencia corta y coyuntural, es decir, se creaban para formar artilleros cuando estos escaseaban y cesaban su actividad cuando se conseguía el número requerido de tales técnicos.

De la Escuela de Artillería de Burgos se conocen ciertos avatares relacionados con la ubicación de la Fundición de artillería, fábrica de pólvora y municiones a las que estaba vinculada. Próximas al castillo, tuvieron una intensa actividad hasta finales de la centuria. Desde 1540 se formaron los artilleros de la guarnición a través de la práctica sin gastar tiempo en materias teóricas y básicas como la geometría. Es posible que con la llegada de Ferrofino, en torno a 1575, los aspirantes a artilleros tuvieran que aprender unos conocimientos mínimos sobre el fundamento geométrico de algunos instrumentos y sobre la trayectoria de los proyectiles. Por la misma época acudió a la escuela el matemático burgalés Andrés García de Céspedes, ya citado, quien elaboró un pequeño tratado sobre trayectorias, pero que por su nivel no pudo servir para el aprendizaje de los artilleros.

En 1575 se crea en Sevilla una escuela de artillería naval por orden del Consejo de Indias. Una cédula de febrero de 1576 establece su régimen de funcionamiento. Las enseñanzas se encargan a Andrés Espinosa, Artillero Mayor de la Carrera de Indias, quien debe instruir a los aspirantes en dos meses y después examinarlos. Del contenido de la prueba y, por tanto, de la enseñanza se tiene una buena información gracias a que se conserva un manuscrito de Espinosa: *Preguntas que hizo Andrés de Espinosa* [...] *a un discípulo suyo para examinarle*.

En 1592 cesó la actividad de esta escuela, coincidiendo con la creación por el Consejo de Guerra de otra para la formación de artilleros de tierra. Se conoce bastante bien esta Academia de artillería de Sevilla gracias a un Memorial[14] escrito por el capitán general de Artillería, Juan de Acuña, que contiene una instrucción para la creación y funcionamiento de esa escuela, dirigida a Julián Ferrofino. Se ordenaba a este que, tras elegir a un cierto número de alumnos, «establezca y haga una escuela para que los dichos artilleros aprendan todas las cosas convenientes para que sean

[14] Este memorial está magníficamente estudiado en N. García Tapia e I. Vicente Maroto: «Las Escuelas de Artillería y otras Instituciones Técnicas», en *Historia de la ciencia y de la Técnica en la Corona de Castilla*, vol. III, pp. 73-82, Junta de Castilla y León, 2002.



5.8. Lanzando bola artillera. *Biblioteca Nacional, Ms. 8895,* Alvaradina*, h. 1595.*

buenos y que se habiliten y aprendan todas las cosas tocantes y necesarias para servir el oficio de artilleros».

Se pregonó por la ciudad la convocatoria de aspirantes, con el incentivo de que quienes se presentaran gozarían de las preeminencias y libertades de los servidores reales. Debían tener los alumnos una edad adecuada y demostrar que habían llevado una buena conducta, «que no sean facinerosos» ni con defectos físicos. Los que terminaran su aprendizaje deberían estar siempre localizados y en disposición de servir. Tendrían preferencia aquellos que practicasen un oficio relacionado con la artillería, como son los herreros, cerrajeros, carpinteros, canteros y similares.

Las lecciones empezaron el 6 de marzo de 1592, impartidas por Ferrofino ayudado por el capitán Espinosa, y tuvieron lugar todos los días, salvo los domingos y fiestas. Para las prácticas, la ciudad de Cádiz entregó una pieza de artillería con las pelotas de hierro necesarias, y dos quintales de pólvora de buena calidad. Asistieron los setenta y cuatro alumnos que se habían alistado, de edades entre los 23 y 38 años.

La preparación consistía fundamentalmente en el conocimiento de las piezas de artillería, los materiales de que estaban hechas, los distintos encabalgamientos, el modo de asentar los cañones y tirar con ellos. Las explicaciones se acompañaban con prácticas de tiro, para lo que se entregaba a los alumnos la pólvora y las pelotas para tirar, con la condición de que las que perdieran las pagarían de su bolsillo.

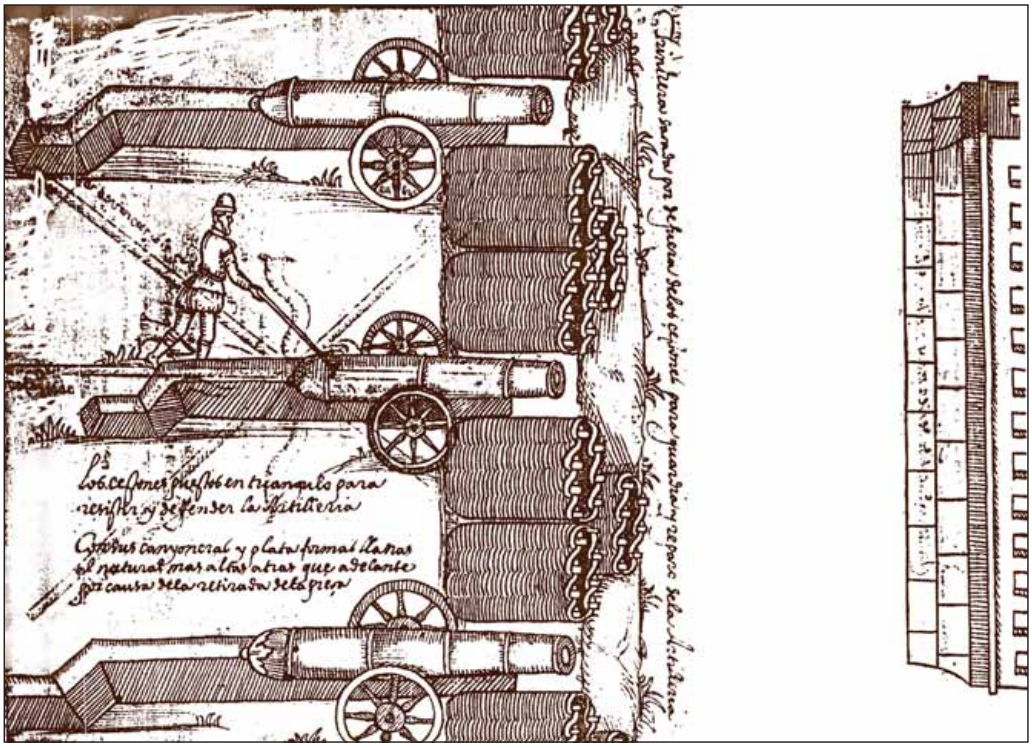
Un año más tarde eran ya doscientas las personas que estaban recibiendo lecciones de artillería en Sevilla. Ferrofino seleccionó a los cincuenta mejores para que sirviesen como artilleros. El resto podía estar disponible para cuando se volviese a instalar la pieza de artillería nueva que el profesor había solicitado. En abril de 1593, Julián Ferrofino consideró que había terminado su misión y pidió licencia para volver a la Corte, dejando una persona ya instruida al cargo de la enseñanza, pero en 1594 la escuela dejó de funcionar.

Por vez primera en varias décadas no existió en Sevilla ningún lugar para el aprendizaje y examen de los artilleros, lo que obligó al Consejo de Indias a reabrir la suya, encargando a Francisco de Molina su funcionamiento. En 1600 fue nombrado profesor Andrés Muñoz el Bueno, que tenía una gran experiencia en la formación de artilleros. En la cédula de su nombramiento se señala que había instruido a 1.500, de los cuales 800 estaban sirviendo en las flotas y presidios de Indias. De este artillero mayor es la cartilla más utilizada por los alumnos, *Instrucción y Regimiento para que los marineros sepan usar de la Artillería*, y de contenido totalmente práctico.

Dos años antes de la creación de la escuela sevillana se intentó que los técnicos de la Fábrica de Municiones de Málaga adquirieran una cierta formación teórica. Felipe II ordenó en 1590 que Ferrofino se trasladara desde Sevilla para enseñar geometría y matemáticas. Ante la actitud negativa de Antonio de Acuña, General de la Artillería, a que Ferrofino realizara su trabajo, el matemático italiano después de una corta estancia malagueña tuvo que regresar a Sevilla. La oposición de Acuña se fundamentaba en que las matemáticas no servían para nada en lo tocante a lo que en esa fábrica se hacía.

En este mismo año el veedor de la Armada en Lisboa, Pedro López de Soto, envió desde El Ferrol un memorial a Felipe II en el que daba noticias de las escuelas de artillería existentes en Galicia. Indica que en esa localidad y en La Coruña enseñaban a los artilleros navales dos cabos italianos. Su situación era lamentable, pues además de recibir un salario de doce escudos, tres menos que los cabos «no docentes», estaban peor considerados por sus superiores. Por otro lado, se denuncia también que los soldados procedentes de la infantería que conseguían plaza de artillero, después de formarse en la escuela de La Coruña, tenían también problemas con sus oficiales.

Independientemente de la existencia de un número relativamente alto de cartillas o pequeños manuales para la formación de artilleros, en los últimos años del siglo XVI aparecieron varios tratados de fortificación y artillería de un nivel muy superior. La mayor parte de sus autores poseían formación académica, alumnos de Salamanca y Alcalá preferentemente, y pretendían con sus obras ayudar a los inge-



5.9. Batería de cañones. *Biblioteca Nacional, Ms. 8895,* Alvaradina*, h. 1595.*

nieros de fortificación en su trabajo, muchos de los cuales también se habían formado en las facultades de Artes de esas dos universidades. Merecen destacarse el *Examen de fortificación* de González de Medina Barba, de 1599, la *Teórica y Práctica de la guerra* de Bernardino de Mendoza, de 1595 y reeditado cinco veces en cuatro años en cuatro idiomas diferentes; la *Teoria y practica de fortificación* del capitán Cristóbal de Rojas, publicado en 1598, *El perfeto Capitán, instruido en la Disciplina Militar, y nueva ciencia de la Artillería* de Diego de Álava y Viamont (1590), la *Plática manual de Artillería* de Luis Collado, publicada en italiano en 1586 y en castellano en 1592, y el *Breve tratado de Artillería, Geometría y artificios de fuego*, de Lázaro de la Isla, de 1595.

Se conservan manuscritas algunas obras de tanta o mayor calidad que las citadas, y que no consiguieron publicarse por diversos motivos, fundamentalmente el de la carencia de recursos del autor para afrontar los gastos de la edición; así, el *Manual de artillería*, de Fernández de Espinosa (1559), el *Manual de artillería* de Hernando del Castillo (1564); el *Libro de artillería* de Luis Ortiz (h. 1545); el *Tratado de artillería* de Espinel de Alvarado, o el *Manual platico de la artillería* de Diego de Prado, ambos escritos en el entorno de 1580.

VI

La Cátedra de Matemáticas y fortificación del Consejo de Guerra

La cátedra de matemáticas y fortificación ha sido mal conocida, principalmente porque se ha confundido su naturaleza con la *Academia Real Mathematica* de Felipe II. El proyecto de crearla se originó con el éxito que tuvo el intento de Puñonrostro, ya analizado, de ampliar el ámbito de los temas tratados en la Academia. Y precisamente esa iniciativa es la primera causa de las confusiones de algunos historiadores: el establecimiento de lecturas de materias relacionadas con la ingeniería militar que complementaban las enseñanzas del catedrático de la Academia Julián Ferrofino hizo creer que esas materias correspondían a la actividad de la Cátedra de Matemáticas y Fortificación, segunda de las que conformaban la citada Academia. En realidad esta cátedra, como se verá a continuación, fue independiente de la Academia tanto desde el punto de vista administrativo como funcional.

La necesidad de contar con ingenieros militares y artilleros con una formación matemática y técnica suficiente impulsó en 1605 al Consejo de Guerra a dotar una cátedra en que se impartieran las enseñanzas correspondientes. Para desempeñarla se recurrió a Julio César Firrufino, un joven experto en fundiciones, artillería y fortificación e hijo de Julián Ferrofino, fallecido recientemente. Gracias a los méritos del padre, Julio César había sido admitido como técnico al servicio de la Artillería en 1600, con un salario de tan solo 18 ducados mensuales.

Por cédula de 28 de abril de 1605 se le encomendó, con el nombre de «Catedrático de Matemáticas y Fortificación», la enseñanza de esas materias, que pudo iniciar cuando la Corte regresó a Madrid. Su obligación docente era doble: por un lado, debía leer materias especializadas en dependencias dispuestas para ello por el general de la Artillería, y por otro explicar los conocimientos elementales de la matemática y de la artillería a los niños del Hospital de los Desamparados de Madrid. La intención era despertar el interés de algunos jóvenes por la artillería y propiciar que, cuando tuvieran edad para servir a los ejércitos, poseyeran una adecuada formación técnica y unos conocimientos matemáticos aceptables.

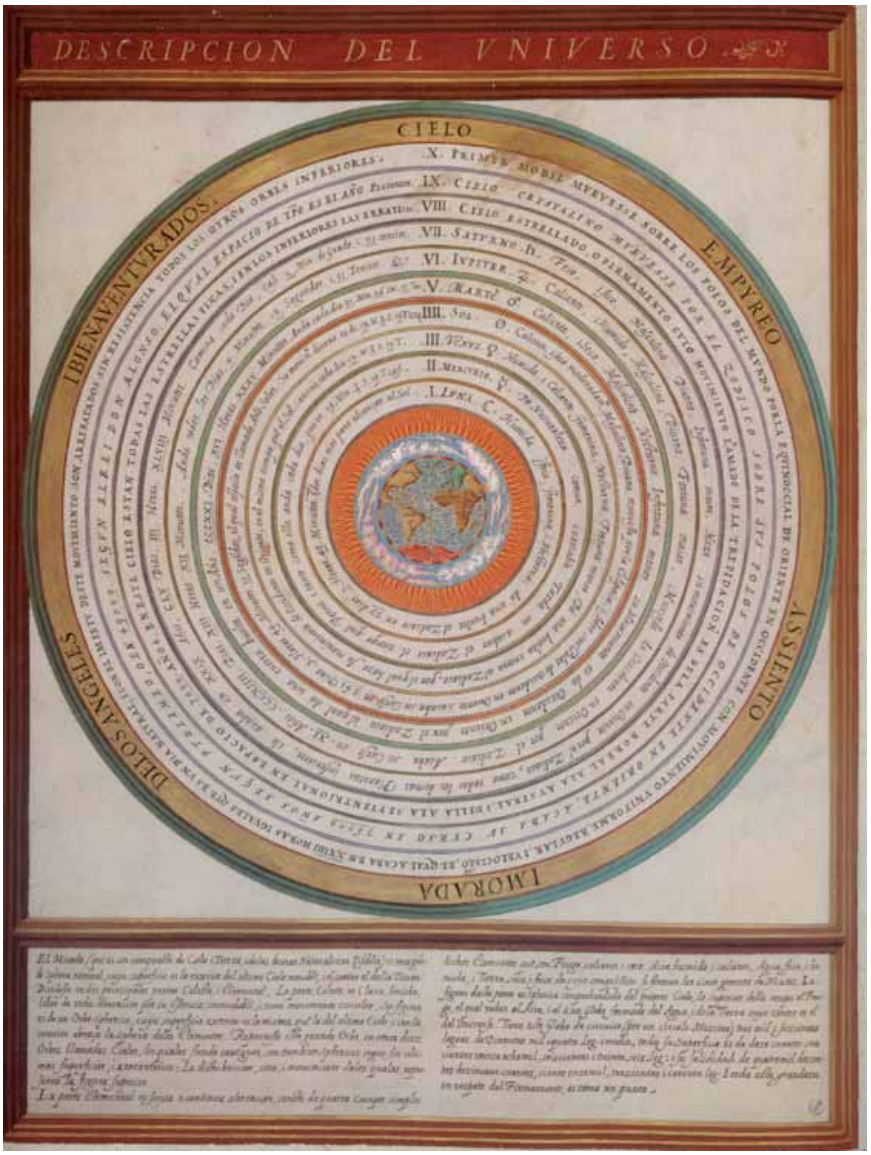
Una referencia muy conocida sobre las actividades y el éxito de la citada institución docente es la del pintor Vicente Carducho, quien en sus *Diálogos de la Pintura* la alabó en los siguientes términos:

> Lleváronme otro día en casa del Marqués de Leganés, General de Artillería, donde sobre espaciosas mesas se veían globos, esferas y otros instrumentos, con los cuales, como otro Euclides, el doctor Julio Firrufino, Catedrático, leía y enseñaba las Matemáticas, Artillería y otras cosas tocantes a aquella materia de que tiene compuestos algunos libros, unos impresos y otros que presto se darán a la estampa. De esta escuela tan importante salen cada día lindos discípulos, que favorecidos y ocupados por S. M. harán mucho fruto en la Geografia, Cosmografía y Astronomía y serán de grandísima importancia para la navegación.

La cita de Carducho revela un dato interesante: las materias impartidas por Firrufino no estaban exclusivamente dedicadas a la artillería, sino también a la cosmografía y a la náutica, con lo cual se ve que la cátedra del Consejo de Guerra no tenía unas directrices muy alejadas de la que dependía del Consejo de Indias.

Las actividades Firrufino como catedrático e ingeniero militar fueron amplísimas y algunas de gran trascendencia estratégica, por lo que se atrevió a solicitar a Felipe IV la concesión de dos hidalguías, alegando los múltiples trabajos que había realizado al servicio del monarca. Entre ellos no fueron los menores las dos obras que publicó dirigidas a sus alumnos. En 1626 apareció su *Plática manual y breve compendio de artillería*, que dedicó al Marqués de Hinojosa, miembro del Consejo

5.10. Julio César Firrufino: **Platica Manual y Breve Compendio de Artillería.** *En Madrid, por la viuda de Alonso Martín, 1626.*



5.11. Juan Bautista Labaña y Luis Texeira: Descripción del Universo, *Biblioteca de Turín.*

de Guerra. Es un sencillo tratado, de enfoque eminentemente práctico, que intentaba poner al alcance del artillero los conocimientos más elementales y necesarios para su profesión. En 1638 acabó el manuscrito de su segunda obra, de contenido mucho más elevado, al que tituló *El Perfeto Artillero*. Cuando solicitó la preceptiva autorización al Consejo de Estado para su publicación se le denegó por «no convenir que saliese a la luz por los grandes secretos».

Cuatro años más tarde consiguió la autorización que pretendía, posiblemente suprimiendo aquello que el Consejo de Estado consideraba de mayor importancia

estratégica. La obra, que tuvo una gran difusión en el siglo XVII, contiene un extenso y riguroso análisis geométrico de los principales instrumentos que debían utilizar los artilleros, como el nivel, el cuadrante y el cuadrado geométrico.

Peor suerte tuvo otra obra elaborada por Firrufino, *Epítome de fundición*, basada en los trabajos de su padre y en los suyos propios sobre esta materia. El manuscrito fue guardado en el Archivo del rey y se prohibió terminantemente su publicación o difusión de su contenido, por la importancia que entonces tenían «los secretos» de la fundición de las piezas de artillería.

En compensación por sus trabajos, y para aliviarle por las pérdidas que supuso el que tuviera tantos problemas para ver impresos sus trabajos, Felipe IV le subió repetidamente el salario y le concedió las dos hidalguías solicitadas. Cuando, en 1650, Firrufino se jubiló de la cátedra se nombró para proveerla a Luis Carduchi, sobrino del pintor citado anteriormente, quien sería sustituido por fr. Gerardo María Aflicto. En esta época, la cátedra padecía una actividad irregular y sus oyentes escaseaban; de tal manera que este catedrático propuso en 1663 diferentes medidas para que la cátedra «se leyese con continuidad» y se consiguiese atraer «ingenios de esta Corte» que se aplicasen en esta materia de la artillería, para que el monarca pudiera disponer de «ingenieros de provecho para su servicio en los exércitos».

En el memorial que Aflicto presentó al Consejo de Guerra, incidía en la importancia que tenía para la seguridad de los reinos el que se «formasen vasallos españoles de esta profesión», y recomendaba que para atraer a los dudosos se les asignara un salario mientras estudiaban («por adelantar algunos a seguirla se destinase sueldo para ellos»). El Consejo de Guerra estimó las recomendaciones de su catedrático emitiendo un informe favorable al monarca, quien en 1664 ordenó «señalar 60 escudos al mes para que se pudiesen tener en la Cáthedra 8 estudiantes fijos con los goces a saver: Dos a 4 Escudos; Dos a 6; Dos a 8; y 2 a 12».

De esta forma, ocho estudiantes —con salarios distintos, de dos en dos— tuvieron desde esa fecha la posibilidad de adquirir una sólida formación teórico-práctica como artilleros durante más de treinta años, durante los cuales se sucedieron como catedráticos, además de Gerardo María Aflicto, Gerónimo de Soto, Juan de la Rocha y Jorge del Pozo. En 1683 se hizo cargo de la cátedra un militar de alta graduación, el Teniente de Campo General don Julio Bamphi, a quien se elevó considerablemente el salario, en atención a su categoría.

Pero los estudiantes, a pesar de su situación privilegiada, no demostraron demasiada aplicación. El Consejo de Guerra, en 1697, valoró excesivo el coste del mantenimiento de las enseñanzas frente a la escasa utilidad que de ellas se obtenía, pues observó que muy pocos de los alumnos que habían pasado por la cátedra habían llegado a tener el nivel que en los reales ejércitos se requería. Tras un informe elevado al monarca, este decretó, en el mismo año, la extinción de la «Cáthedra y escuela de Mathematicas» así como los sueldos de los estudiantes, manteniendo el salario del general Bamphi mientras viviera.

En 1730, Felipe V consideró conveniente volver a crear la cátedra y nombró titular de ella a don Pedro de Enquera, a la sazón maestro de los pajes de Su Majestad. Durante siete años funcionó, aunque con problemas por falta de medios. Cuando en 1737 falleció Enquera, se suprimió definitivamente la cátedra creada por Felipe III, al estimar que para que la enseñanza fuera provechosa debía dotársela convenientemente, y esto suponía unos grandes gastos no totalmente justificados, pues ya existían en la Corte enseñanzas teóricas análogas (las que se impartían en el Colegio de Nobles y en el Colegio Imperial de San Isidro) y las enseñanzas prácticas debían quedar en el ámbito estrictamente militar.

Bibliografía

Esteban Piñeiro, M.: «La Academia de Matemáticas de Felipe II y la Enmienda de los Instrumentos de marear», en *La mundialización de la ciencia y cultura nacional*, Educación y Ciencia, Madrid, l993, pp. 85-96.

— «Juan de Herrera y la formación matemática de los técnicos», *La Ciudad de Dios*, vol. ccx, n.º 3, pp. 695-720, 1997.

— «La Academia de Matemáticas de Madrid», *Felipe II, la Ciencia y la Técnica*. Fundesco, Madrid, 1999, pp. 113-132.

— «Matemáticas y Academias en el Madrid de los Austrias», *Matemáticos madrileños*, Anaya, Madrid, 2000, pp. 43-104.

— «Ciencia Imperial», *Historia 16*, Año xxiv, n.º 285, Madrid, 2000, pp. 27-45.

— «Las Academias técnicas en la España del siglo xvi», *Quaderns d'Historia de l'Enginyeria*, vol. 2002-2003, Barcelona, 2002, pp. 13-25.

— e I. Vicente Maroto: «La Casa de la Contratación de Sevilla y la Academia Real Matemática de Madrid», *Historia de la Ciencia y de la Técnica en la Corona de Castilla*, vol. 3, pp. 35-52, Junta de Castilla y León, Valladolid, 2002.

García Tapia, N., e I. Vicente Maroto: «Las escuelas de artillería y otras instituciones técnicas», *Historia de la Ciencia y de la Técnica en la Corona de Castilla*, vol. 3, pp. 73-82, Junta de Castilla y León, Valladolid, 2002.

López Piñero, J. M.: *Ciencia y Técnica en la sociedad española de los siglos xvi y xvii*, Labor, Barcelona, 1979.

— «Actividad científica y sociedad en la España de Felipe II», *Felipe II, la Ciencia y la Técnica*, pp. 17-36, Fundesco, Madrid, 1999.

Vicente Maroto, I., y M. EstebanPiñeiro: *Aspectos de la Ciencia Aplicada en la España del Siglo de Oro*, Junta de Castilla y León, Valladolid, 1991 (2.ª edición, 2006).

Vigón, J.: *Historia de la Artillería Española*, Madrid, 1947.

6

Técnica y estética: los tratados de arquitectura

Jesús Criado Mainar
Universidad de Zaragoza

El Renacimiento es un tiempo de cambios culturales impulsados por una nueva actitud frente al pasado clásico. Los italianos de los siglos XV y XVI estaban convencidos de la existencia de una clara cesura entre su época y el periodo anterior, al que llamaron Edad Media para diferenciarlo con nitidez tanto del que les tocó vivir como de la Antigüedad.

Para regenerar la sociedad era preciso acudir a los modelos y valores del mundo romano perdido poniendo en marcha, ante todo, un programa de recuperación de fuentes literarias. Las raíces de este movimiento, que denominamos *humanismo,* se hunden en Petrarca y el siglo XIV. Fue entonces cuando se empezaron a mirar con ojos más sabios y atentos los textos grecorromanos, preservados en las bibliotecas monásticas, a los que, además, se aplicó un nuevo método de estudio y análisis basado en una rigurosa crítica filológica que posibilitó un conocimiento más profundo de los mismos[1].

Es también un momento de cambios profundos en el campo de las artes, presididos por parámetros similares. Así, el arte del Renacimiento se caracteriza por la recuperación del lenguaje de la Antigüedad adaptado a las necesidades de la época en aquellas disciplinas en las que los restos arqueológicos lo hacían posible —en especial, la arquitectura— y por un esfuerzo dirigido a crear un sistema figurativo que aproximara la experiencia visual de la pintura y el relieve escultórico a las pautas seguidas por la percepción humana de la realidad. Los propios artífices se sentían tan orgullosos de sus logros que no dudaron en tildarlos de excepcionales, fomentando una visión casi idílica de aquellos que alcanzaría su cenit en las *Vidas* de Giorgio Vasari[2] y que historiadores de épocas posteriores como Jacob Burckhardt[3] acabaron mitificando.

---

[1] Una buena aproximación al problema en Paul O. KRISTELLER, 1993, pp. 38-51.

[2] Giorgio VASARI, 2002.

[3] Jacob BURCKHARDT, 1992.

Algunos de los títulos griegos y latinos que los humanistas recuperaron y difundieron eran tan importantes para el problema que nos ocupa como la *Naturalis Historia* de Plinio *el Viejo*[4], un extenso repertorio misceláneo que al tratar de los metales, los colores y las piedras incorpora noticias sobre obras de arte y arquitectura de la Antigüedad confeccionadas con esos materiales y, en algunos casos, también sobre sus autores. Sin embargo, el hallazgo más crucial corresponde a Poggio Bracciolini, que en 1416 localizó un excelente ejemplar del *De architectura* de Marco Vitruvio en la biblioteca del monasterio de Saint-Gall. En realidad, este texto[5] había circulado con fluidez en la Europa medieval y, de hecho, conservamos un número importante de copias de esa época, pero a partir de su redescubrimiento en los albores del *Quattrocento* iba a ejercer una influencia capital[6].

En los siglos precedentes no habían faltado los prontuarios de recetas artesanales, concebidos como instrumentos de trabajo en el seno del taller, a la manera del bien documentado *Libro del arte* (h. 1390) de Cennino Cennini, una cartilla en la que los pintores podían encontrar informaciones sobre la naturaleza y elaboración de los pigmentos o las diferentes técnicas pictóricas[7], pero el *De architectura,* redactado en la Roma de finales del siglo I a. C. y dedicado al emperador Augusto, pertenecía a otra categoría literaria y su exégesis marcó un salto cualitativo que se sitúa en la base de algunos de los cambios más decisivos que asociamos con el arte renacentista. A pesar de las notables dificultades lingüísticas y de interpretación que entrañaba, se convirtió muy pronto en arquetipo de un género novedoso dentro del campo de la literatura artística llamado a gozar de enorme éxito a lo largo de los siglos siguientes.

Los artistas del Renacimiento se interesaron por la definición que Vitruvio efectúa del arquitecto [lib. I, cap. 1], en buena medida incompatible con el tradicional maestro de obras al centrar su responsabilidad en las tareas de creación y proyección, liberándole, de paso, de las de ejecución material de la obra. Fue Leon Battista Alberti quien se hizo eco por vez primera de esta doctrina en su *De re aedificatoria*[8] (1443-1452), sentando las bases para la futura racionalización del dibujo arquitectónico en el ambiente romano de la segunda década del *Cinquecento,* cuando la nece-

[4] En circulación en el ambiente florentino desde 1430, la primera edición latina es de 1469 y un año después se tradujo a lengua toscana (André Chastel, 1991, p. 111). Una edición hispana de los textos artísticos en Plinio el Viejo, 2001.

[5] Una edición de fácil acceso en Marco Vitruvio, 1995.

[6] Sobre la localización en 1416 del códice del monasterio de Saint-Gall véase Luis Cervera Vera, 1978, pp. 75-77. En esta obra se da cuenta de los códices medievales de Vitruvio que han llegado a nuestros días.

[7] Cennino Cennini era discípulo del pintor florentino Agnolo Gaddi (Cennino Cennini, 1988, p. 5).

[8] Leon Battista Alberti, 1991, Prólogo al tratado. A este respecto, véase el acertado análisis de Luis Cervera Vera, 1979, pp. 119-145.

sidad de hacer frente a un proyecto a tan gran escala y de la complejidad de la nueva basílica de San Pedro del Vaticano (1506-1606) exigió un replanteamiento de esta especie profesional[9].

Dicha formulación está en la base de la categorización de la arquitectura como arte liberal —por oposición a arte mecánica o manual—, un anhelo compartido con suerte dispar por los pintores y escultores de la época que Vasari justificará asumiendo un pensamiento extendido entre otros colegas de su generación, al considerar las tres artes mayores como *artes del diseño,* o lo que es igual, fundamentadas en la práctica del dibujo[10].

Esta declaración suponía un progreso intelectual que, en el fondo, era también social, pues permitió a los artistas escapar de las férreas estructuras gremiales y, de ese modo, ofrecerles un nuevo horizonte laboral.

En este contexto no resulta difícil establecer que una de las vertientes de la cultura artística del Renacimiento que con más claridad denota una actitud de ruptura frente a la tradición medieval, unida a una voluntad de dotar al ejercicio profesional de los artistas de un carácter *técnico,* es justamente la aparición de tratados de teoría a imagen del texto de Vitruvio.

La redacción por parte de Leon Battista Alberti de obras como el *De pictura* (1434-1436) y, sobre todo, el ya citado *De re aedificatoria* —ambos de concepción todavía próxima al tratado romano—, junto con el triunfo de la imprenta en el último tercio del siglo XV —y, por tanto, con la posibilidad de que la difusión del texto se viera acompañada de imágenes reproducidas de forma mecánica—, crearon una situación nueva que alteró el marco formativo de arquitectos, pintores y escultores[11].

Nuestra aportación ofrecerá en primer lugar una revisión general de la incidencia que esta nueva cultura literaria ejerció en el contexto del arte español del Renacimiento —en particular, en el de la arquitectura—, tanto a través del amplio capítulo de las obras italianas —en lengua latina o toscana— traducidas al castellano como en el mucho más sucinto de las aportaciones genuinas, para después efectuar una aproximación desde una metodología más específica al panorama aragonés del momento.

Al objeto de hacer más comprensible la exposición, previamente repasaremos los hitos más significativos en el desarrollo de la tratadística arquitectónica del Renacimiento italiano.

---

9 Sobre la definición del arquitecto vitruviano-albertiano véase Leopold D. ETTLINGER, 1984, pp. 99-123. Para la España del Renacimiento Fernando MARÍAS, 1979, pp. 173-216; una interpretación diferente en Carmen GÓMEZ URDÁÑEZ, 1996, pp. 265-296.

10 Juan M.ª MONTIJANO GARCÍA, 2002, pp. 118-119.

11 Tal y como postula Mario CARPO, 2003, pp. 16-36, espec. p. 24.

I

Los tratados de arquitectura de la Italia renacentista

El punto de referencia para una buena parte de la tratadística renacentista se sitúa en el *De architectura* de **Marco Vitruvio Polion,** una obra singular —se trata del único texto de la Antigüedad de estas características que ha sobrevivido— redescubierta en 1416, en el contexto de los ambientes humanistas florentinos. Como ya se ha señalado, alcanzó una aceptable difusión en los siglos medievales, pero su incorporación a la cultura del *Quattrocento* se revistió de unos tintes de auténtica novedad dado que ofrecía una visión idílica tanto de la arquitectura clásica como del profesional encargado de darle forma —el arquitecto— y, en la práctica, constituía la única fuente disponible para interpretar las ruinas antiguas, es decir, para extraer las leyes que hicieran posible esa colosal labor de reconstrucción y ulterior adecuación tipológica que llamamos arquitectura del Renacimiento.

A pesar de su importancia y del carácter de autoridad de que fue revestido desde muy pronto, permaneció inédito hasta 1486, cuando el humanista Giovanni Sulpizio da Veroli preparó la primera edición impresa en latín[12]. Las notables dificultades de comprensión e interpretación que planteaba —repleto de tecnicismos griegos de difícil traducción, carente de ilustraciones y con frecuencia discordante con los monumentos clásicos conservados— obligaron a efectuar versiones ilustradas —la primera, de 1511, debida a fra Giovanni Giocondo[13] da Verona—, traducidas a lengua toscana —inauguradas por la de Cesare Cesariano[14], de 1521— y, finalmente, acompañadas de extensos y eruditos comentarios explicativos —las más notables, la latina de Guillaume Philandrier[15], de 1550, y la italiana de Daniele Barbaro[16], de 1556— que ayudaran a desvelar los secretos de una obra que era objeto de profunda reverencia.

El primer gran esfuerzo para hacer inteligible la doctrina vitruviana corresponde a **Leon Battista Alberti** (1404-1472), autor del *De re aedificatoria* (1443-1452), una obra planteada como adaptación y superación del texto vitruviano y estructurada, como este, en diez libros, que trata aspectos como la figura del arquitecto

12 Sobre la *editio princeps* véase Agustín Bustamante y Fernando Marías, 1985 (I), pp. 184-185, ficha B 27.

13 *Ibidem,* pp. 185-186, ficha B 28.

14 [Cesare Cesariano, traductor y editor], 1981.

15 Previamente, en 1544, había publicado sus comentarios de modo independiente. Sobre las distintas ediciones del texto véase Agustín Bustamante y Fernando Marías, 1985 (I), pp. 191-193, ficha B 34. Ahora también Frédérique Lemerle, 2000, pp. 23-27 y 48-49.

16 [Daniele Barbaro, traductor y editor], 1987.

[Prólogo] y el dibujo arquitectónico [lib. II, cap. I], establece reglas para construir *a la antigua* y también se ocupa de los órdenes —de forma muy incipiente si pensamos en la relevancia que ese tema alcanzaría en los tratados del *Cinquecento*–, a los que considera el principal ornato del edificio [lib. VI, cap. XIII]. Entre las aportaciones originales sobresale la definición del concepto de *concinnitas,* basado en las proporciones que deben unificar el todo a partir de elementos modulares, cuyo origen está en las relaciones matemáticas de la naturaleza y la música [lib. VI, cap. II].

Para 1452 Alberti había efectuado otras contribuciones al género de la tratadística[17], pues ya había escrito su célebre *De pictura* (1434-1436) y, probablemente, también el *De statua* (h. 1451). Todas estas obras comparten una importante característica con el *De architectura:* pertenecen a una tradición manuscrita, lo que significa que casi con certeza fueron concebidas sin ilustraciones que, dada su complejidad, resultaban con frecuencia mucho más difíciles de reproducir que el texto[18]. Además, tanto el *De re aedificatoria* como los otros dos tratados están dirigidos a un público culto y no al de los profesionales de la construcción, razón por la cual se redactaron en latín. Todo ello justifica que el *De re aedificatoria* no fuera impreso hasta 1485[19], muerto ya su autor —que nunca demostró un interés particular hacia tan revolucionario avance técnico—, y que hasta el siglo XVI no aparecieran ediciones en lengua vernácula y con ilustraciones. No hay duda de que se ideó para una circulación restringida.

El ambiente erudito y anticuario de la Roma del *Cinquecento* anterior al Saco de 1527 hizo posible la maduración del estilo clásico acuñado por Donato Bramante y sus seguidores —en especial, Rafael y Antonio da Sangallo *el Joven*— de cara a su posterior diáspora. Allí completó su formación el arquitecto y pintor boloñés **Sebastiano Serlio** (1480-1554) junto a Baldasare Peruzzi. De la Ciudad Eterna pasaría a Venecia (1527-1540), donde compaginó la realización de diferentes encargos perdidos con la preparación de un tratado de arquitectura —las *Regole generali di architectura sopra le cinque maniere degli edifici*– que nunca terminaría de editar[20], pero cuyo novedoso planteamiento marca un cambio de orientación decisivo para este singular género literario. En 1540 se trasladó a Francia para entrar al servicio de Francisco I y allí publicaría los libros I, II, V y *Extraordinario* de su obra, falleciendo probablemente en Lyon en 1554.

Para 1537, fecha de la edición del libro IV de las *Regole generali,* la imprenta era un medio de reproducción mecánica consolidado que había modificado el pensa-

17 Leon Battista ALBERTI, 1999, pp. 61-122 [*De la pintura*], y pp. 123-144 [*De la escultura*].

18 Según la opinión más extendida en los últimos años. Véase al respecto la convincente argumentación aducida por Mario CARPO, 2003, pp. 37-47 y 199-208.

19 Leon Battista ALBERTI, 1989, 2 vols.

20 Sebastiano SERLIO, 2001, 2 vols. Véase también Sebastiano SERLIO, 1996, 2 vols.

miento y los intereses de los autores de tratados; de hecho, ya habían aparecido las primeras ediciones impresas —en latín y romance— con ilustraciones del *De architectura* de Vitruvio, facilitando una amplia difusión de su doctrina. En palabras de Mario Carpo, «cuando la reproducción mecánica de la imagen se haya difundido universalmente, incluso los teóricos de la arquitectura podrán aspirar a una documentación gráfica sistemática, extensa y concreta de las obras maestras de la arquitectura antigua. Tras varios siglos de primacía de la palabra, el discurso arquitectónico podrá contar ya con la imagen, componer con ella y aprovechar sin reservas una imagen fiel, reproducida y transmitida conforme a su arquetipo»[21].

Consciente de la nueva situación, Serlio presenta su tratado al lector como una recreación de la ilustración perdida de Vitruvio, en lo que cabe considerar como una verdadera declaración de intenciones[22]. No extraña que las primeras partes impresas fueran los libros III (Venecia, 1540) y IV (Venecia, 1537), dedicados, respectivamente, a los monumentos clásicos de Roma y el estudio de los órdenes[23]. Las figuras alcanzan una importancia similar al texto: el público potencial hacia el que se dirige el autor no es solo la minoría cultivada y erudita que hasta entonces había sido la principal consumidora de este género literario, sino también el grupo más amplio de los profesionales de la arquitectura y otras disciplinas concomitantes.

La ilustración de este tratado adopta el nuevo dibujo ortogonal desarrollado en Roma en la década de 1510 a partir de la interpretación de las tres *especies* vitruvianas[24] que caracterizan al dibujo propio del arquitecto, la *ichnographia,* la *ortographia* y la *scenographia* [lib. I, cap. 2], identificadas con la planta, el alzado exterior y la sección interior —en este caso, no sin titubeos— y perfectamente descritas en la denominada *Carta a León X*[25]. Estos instrumentos permitían definir el proyecto de modo muy preciso, posibilitando la ausencia del arquitecto —al menos, en teoría— y sentando las bases para la difusión de una práctica arquitectónica fundada en la concepción vitruviano-albertiana.

La siguiente obra que interesa mencionar aquí, la *Regola delli cinque ordini d'architettura* de **Giacomo Barozzi da Vignola** (1507-1573), supone el triunfo de la imagen sobre el texto. Viajero a Francia, donde trabajó entre 1541 y 1543 junto a Primaticcio en Fontainebleau, las primeras obras de Vignola tras su regreso acusan la influencia del tratado de Sebastiano Serlio —con quien había coincidido en ese

21 Mario Carpo, 2003, p. 80.

22 Agustín Bustamante y Fernando Marías, 1985 (I), p. 130. No obstante, el propio Serlio pone en duda que Vitruvio llegara a ilustrar su *De architectura.*

23 Julius Schlosser, 1976, p. 358.

24 Imprecisamente recogidas por Leon Battista Alberti en *De re aedificatoria,* lib. II, cap. I, que, de acuerdo con los usos del *Quattrocento,* da más importancia al modelo que al dibujo.

25 Renato Bonelli, 1978, pp. 459-484; Christof Thoenes, 1993, pp. 379-391; José Mª Gentil Baldrich, 1998, pp. 57-82.

país—, pero a raíz de su instalación en Roma (1550) su estilo, de riguroso, sólido y monumental clasicismo, se inspirará en las creaciones de Antonio da Sangallo *el Joven* y Miguel Ángel.

La *Regola* (1562) es una de las obras de teoría artística más importantes de la segunda mitad del siglo XVI[26] y su estela se extiende hasta finales del XVIII. Retoma la idea serliana de ofrecer a los profesionales una selección de modelos gráficos, centrándose en el problema de los órdenes y reduciendo al máximo los comentarios escritos. El avance es notable, pues si bien el sistema de Serlio había otorgado ya a los órdenes el carácter de *piedra angular* de la teoría arquitectónica, también se había ocupado de los monumentos de la Antigüedad, la perspectiva, los templos cristianos o las fortificaciones. A partir de entonces, la doctrina de los cinco órdenes se asociará a la esencia del pensamiento vitruviano.

Los dibujos de Vignola alcanzan una calidad extraordinaria, ya que para su reproducción se utilizaron planchas de cobre frente a los tacos xilográficos de Serlio y el resto de las obras que hemos venido comentando[27]. Además, se realizaron con todo rigor a partir de modelos cuidadosamente seleccionados, con acotaciones sobre módulo y proporciones, de modo que constituían un material de primera calidad —y plena actualidad— para arquitectos, canteros, ensambladores e, incluso, pintores que estos utilizaron hasta la saciedad.

Completaremos este repaso a la teoría artística del Renacimiento italiano evocando las aportaciones de **Andrea Palladio** (1508-1580). Nacido en Padua y formado en el mundo de la construcción, hacia 1538 entró en contacto con Gian Giorgio Trissino, un humanista de Vicenza y arquitecto aficionado que le introdujo en el estudio de la Antigüedad y le acompañó a Roma en 1541, además de proporcionarle numerosos encargos en su ciudad. Palladio elaboró en 1554 una obrita sobre las antigüedades romanas que conocería múltiples reediciones y dos años después confeccionó los dibujos que ilustran la erudita edición vitruviana de Daniele Barbaro.

Estas experiencias le familiarizaron con la tradición clásica y despertaron su interés por la literatura artística, que cristalizaría en la elaboración de los *Quattri libri dell'architettura* (Venecia, 1570), un tratado muy influyente hasta el período neoclásico[28]. Recupera el esquema editorial de Sebastiano Serlio, buscando un equilibrio entre texto e imágenes. Aunque ello exigía un retorno a los grabados xilográficos, con el consiguiente descenso de calidad, el arquitecto intentó paliar esa tacha con unos diseños de notable claridad.

---

[26] Iacomo Barozzio da VIGNOLA, 2002.

[27] Los folios de la *Regola* son de una altura excepcional (40 cm) frente al ya de por sí gran formato (33/34 cm) del tratado de Serlio.

[28] Andrea PALLADIO, 1980.

Los contenidos de la obra son también muy próximos a los de Serlio. Así, en el libro I Palladio se ocupa de los órdenes clásicos —equivalente al libro IV de Serlio—. El libro II está dedicado a la arquitectura civil y en el mismo nos presenta algunos de sus propios proyectos de palacios y villas. El libro III versa sobre edificios de carácter público tales como puentes o basílicas, tanto romanas —basílica Porcia de Roma— como de la época —basílica de Vicenza—. El libro IV, por su parte, está consagrado a los templos, siendo la única construcción renacentista incluida el *tempietto* bramantesco de San Pietro in Montorio; el resto de los monumentos seleccionados son de época romana y en su mayoría aparecen en el libro III de Serlio.

II

La arquitectura española del siglo XVI y los tratados

En España, al igual que en los demás centros periféricos, el Renacimiento tuvo un desarrollo diferente al italiano, con un ritmo y unas etapas propias que dependen de múltiples factores, entre ellos el de su tardía recepción a partir de la última década del siglo XV. La asimilación de las nuevas fórmulas *a la antigua* en el campo de la arquitectura se efectuó de manera gradual y, de hecho, en este proceso se pueden diferenciar tres momentos[29]. La literatura artística jugó un papel destacado en el mismo a pesar de que la capacidad de reflexión teórica de nuestros profesionales y eruditos se sitúa a un nivel modesto, y de que los textos genuinos —que no del todo originales— escasean en número frente a las mucho más abundantes traducciones de obras italianas[30].

La primera etapa comienza en la década de 1490 y abarca el cuarto inicial de la centuria. En ella tienen un papel protagonista varios edificios vinculados a la italianizada familia nobiliaria de los Mendoza y su arquitecto, Lorenzo Vázquez de Segovia, caracterizados por la recepción de modelos del *Quattrocento,* entre los que sobresale el palacio de Cogolludo (h. 1492-1495) en Guadalajara, tan próximo en su concepción exterior a algunos palacios de la Toscana y que en ocasiones se ha querido relacionar con las ilustraciones del tratado (h. 1461-1464) de Filarete[31].

Por esas fechas se dieron los primeros casos de importación de obras renacentistas procedentes de Italia, a la manera de la segunda fase del patio del castillo granadino de La Calahorra (a partir de 1510), dirigida por el genovés Michele Carlone a

[29] Tal y como proponen Víctor Nieto, Alfredo J. Morales y Fernando Checa, 1996. Una actualizada visión sintética, en la que se mantienen estos jalones pero en la que también se proponen itinerarios complementarios, en Fernando Marías, 1999, pp. 363-397.

[30] José E. García Melero, 2002, pp. 27-38, 55-67, 79-90 y 99-109.

[31] En concreto, la que representa el edificio de la Banca Medicea en Milán.

instancias de Rodrigo Díaz de Vivar y Mendoza, I Marqués del Zenete, y en la que se utilizaron mármoles manufacturados en Génova y se voltearon bóvedas de arista. En la fase anterior, acometida probablemente a partir de unas trazas traidas de Italia en 1506 por el propio marqués, ya se había hecho amplio uso modelístico en los capiteles de la galería baja y en varias portadas del *Codex Escurialensis,* uno de los repertorios italianos de dibujos más importantes del momento que don Rodrigo debió traer de su viaje.

No obstante, por entonces el grueso de la arquitectura española se define por la pervivencia de las soluciones constructivas del Gótico final enriquecidas en medida desigual por series ornamentales *al romano* que no alteran su esencial naturaleza medieval. El resultado es una arquitectura de rico efecto plástico que la historiografía española bautizó en su momento como *plateresca*[32] al privilegiar lo decorativo sobre lo estructural, en la que se incluyen numerosas realizaciones bien representadas por la fachada de las Escuelas Mayores (h. 1520-1525) de la Universidad de Salamanca.

Dentro de este apartado hay que situar una corriente muy vigorosa en la que se integran múltiples construcciones religiosas que en diferentes áreas de la Península mantuvieron hasta finales del siglo XVI los principios de la arquitectura gótica actualizados de modo eventual mediante la incorporación de elementos propios del nuevo lenguaje, tales como el uso de soportes clásicos y entablamentos o el de motivos ornamentales *al romano* en portadas y ventanales[33]. Las nuevas catedrales de Salamanca (a partir de 1510) y Segovia (a partir de 1525) ejemplifican —a pesar de su tardía definición— una familia en la que también deben incluirse muchos templos con planta de salón y de nave única. Algunos de los maestros que intervinieron en su trazado o colaboraron en su ejecución, tales como Antón Egas, Juan de Álava, Juan Gil de Hontañón o Rodrigo Gil de Hontañón, alimentan una de las vías más importantes por las que discurrió la arquitectura española del siglo XVI.

La segunda etapa se caracteriza por una amplia difusión del nuevo lenguaje a manos de artistas hispanos que tras completar su formación en Italia regresaron a la Península para crear obras concebidas en sintonía con aquel. A partir de un pasaje del pintor y teórico portugués Francisco de Holanda, Manuel Gómez-Moreno[34] les asignó la feliz denominación de *águilas.* Su desarrollo temporal coincide con la totalidad del segundo y los primeros años del tercer cuarto de la centuria y a lo largo de la misma se gestaron algunas de las aportaciones hispanas más genuinas al arte del Renacimiento.

A este periodo corresponden la Escalera Dorada de la catedral de Burgos (1519-1522), la torre de la iglesia de Santa María del Campo (a partir de 1527) y la catedral

[32] José CAMÓN AZNAR, 1945, 2 vols. Véanse también las interpretaciones de John B. BURY, 1976, pp. 199-230; y Annie CLOULAS, 1980, pp. 151-161.

[33] Javier GÓMEZ MARTÍNEZ, 1998, pp. 16-18.

[34] Manuel GÓMEZ-MORENO, 1983, proemio de las pp. 21-24.

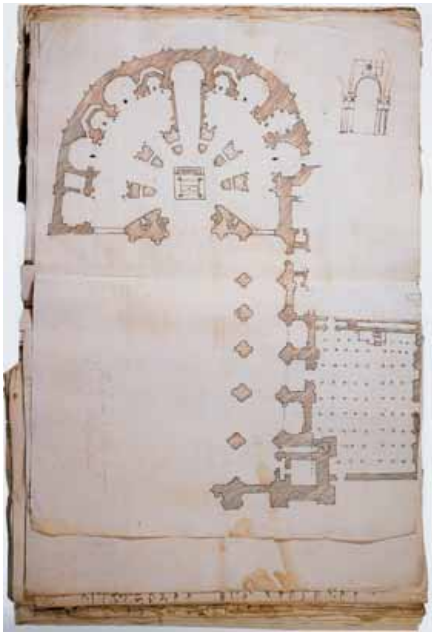
de Granada (a partir de 1528), debidas a Diego de Siloe. Sobresale entre ellas el primer templo granadino, paradigma de la acomodación de la nueva arquitectura —tanto desde el punto de vista del léxico clásico y su sintaxis como de la incorporación de las tipologías *romanas*— a las necesidades hispanas en general y a las demandas funerarias de Carlos V en particular[35]. También el palacio matrimonial del emperador en La Alhambra (a partir de 1527), singularísima creación *a la italiana* del rafaelesco Pedro Machuca sin apenas repercusión posterior.

La actividad de las *águilas* coincide en los primeros momentos con la de artistas transalpinos afincados en España y autores de obras tan destacadas como el primer cuerpo de la torre (1521) de la catedral de Murcia y la original capilla de los Junterones (h. 1525) de ese mismo templo, fábricas asociadas al quehacer de Jacopo Torni, conocido aquí como Jacobo Florentino, o las mucho más simples capilla y portada de San Miguel de la catedral de Jaca (h. 1520-1523), en Huesca, del también florentino Giovanni Moreto, que en su etapa aragonesa se dedicó preferentemente a labores escultóricas —como imaginero y arquitecto de retablos—, quizás porque el ambiente del viejo reino no supo comprender y apreciar sus romanizadas propuestas constructivas en una fecha tan temprana.

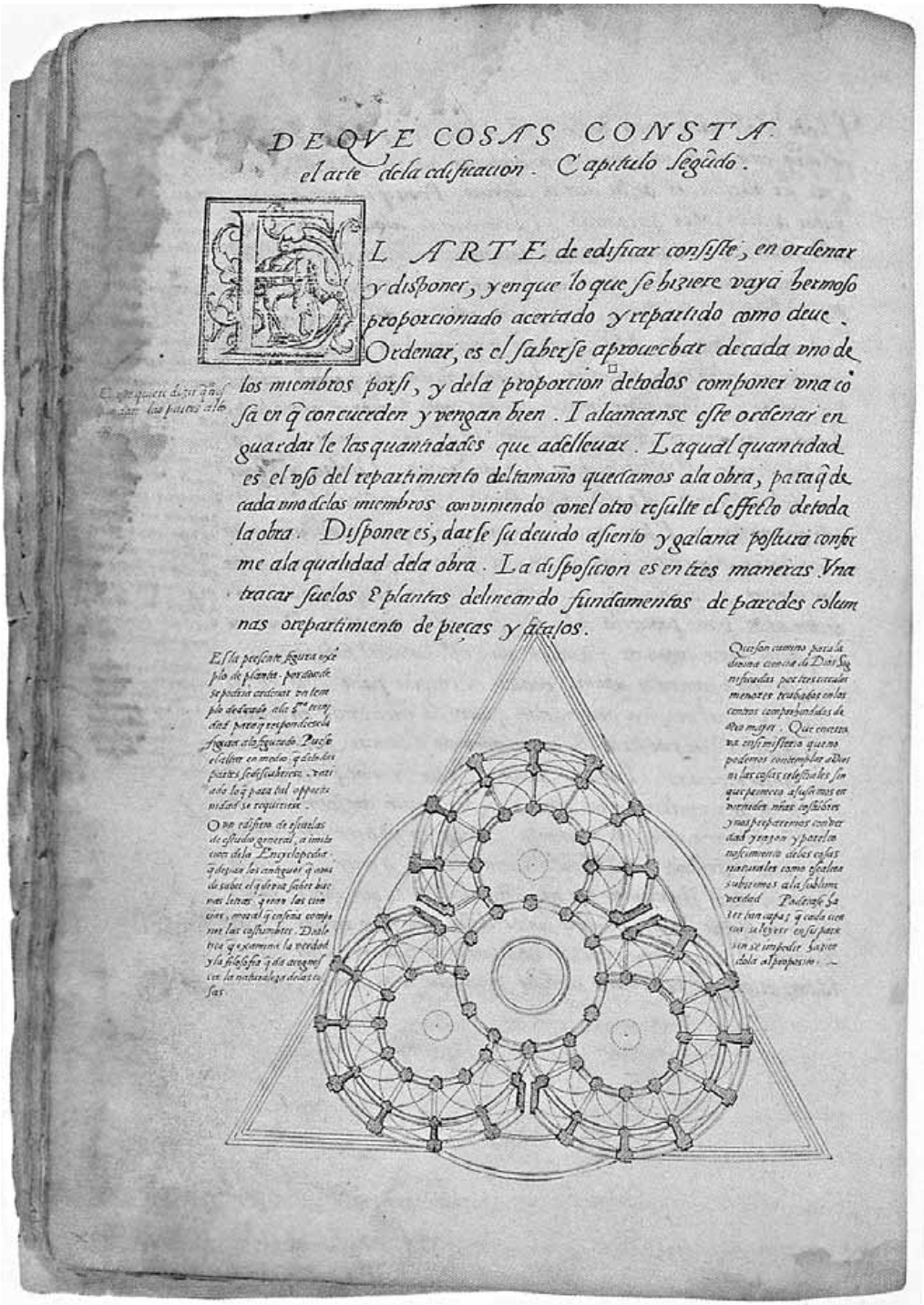
Otros arquitectos que nunca viajaron a Italia participan de idénticos postulados, entre ellos el toledano Alonso de Covarrubias —con maduras contribuciones en monumentos como el Hospital de Tavera (1541-1550) y el Alcázar (1543-1569) de la ciudad del Tajo—, el montañés radicado en el área murciana Jerónimo Quijano —continuador de las obras de Jacopo Torni y, a su vez, creador de soluciones tan imaginativas como la bóveda de curva tórica de la capilla de los Junterones o las desarrolladas en diferentes iglesias de la zona— y los andaluces Hernán Ruiz *el Joven* —autor de obras sevillanas como el serliano y muy ornamentado recrecimiento de la Giralda (1558-1568) o la magnífica iglesia del Hospital de la Sangre (a partir de 1558) y de un manuscrito al que nos referiremos enseguida— y Andrés de Vandelvira —creador de obras tan personales e impactantes como las sacristías del Salvador de Úbeda (1540-1559) o la catedral de Jaén (1554-1575), responsable de la magistral solución de conjunto de este último y capital edificio (a partir de 1554), y autor de un valioso libro de traza y corte de piedra—.

Por entonces se publicaron los primeros textos de teoría arquitectónica en castellano, las *Medidas del romano* (1526) y la traducción toledana (1552) de los libros III y IV de las *Regole generali* de Sebastiano Serlio, base de muchos de los cambios operados durante esta segunda etapa. Debidas al bachiller toledano y viajero a Italia (h. 1518-1521) **Diego de Sagredo** (doc. 1512-1527, †1528), las *Medidas* son una

35 Fue la inicial elección de la cabecera de la nueva catedral como lugar de enterramiento por parte del emperador lo que justifica el diseño en forma de enorme rotonda de vocación funeraria de esta parte del edificio, superando soluciones del *Quattrocento* italiano.

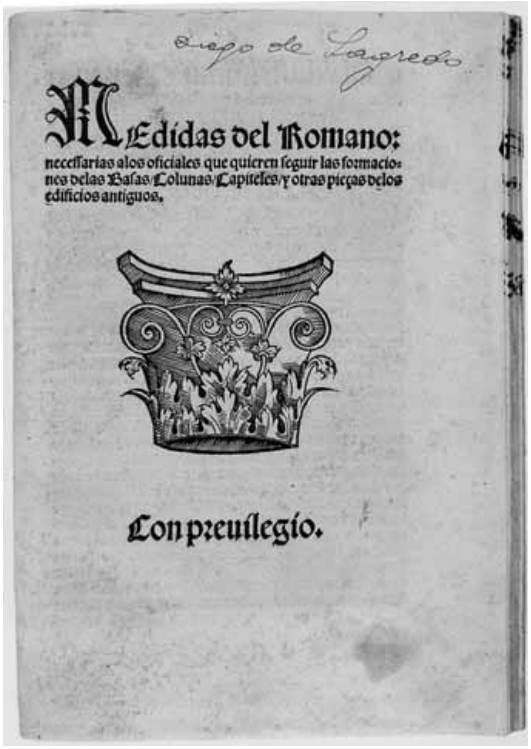


6.1. La catedral de Granada *(a partir de 1528) es una de las creaciones fundamentales del Renacimiento español, en la que Diego de Siloe adecua el nuevo lenguaje* al romano *a las necesidades hispanas y, además, plantea una solución coherente a la demanda de Carlos V de diseñar un panteón dinástico —más tarde desechada— acorde a su rango imperial, emplazado en la cabecera, que adopta la forma de una rotonda inspirada en el Panteón de Adriano. La documentación testimonia que Siloe elaboró numerosos dibujos y varias maquetas, todos ellos perdidos y que solo podemos imaginar a través de la magnífica sección de la capilla mayor grabada ha. 1613 por Francisco Heylan sobre dibujo de Ambrosio de Vico. Las necesidades cultuales obligaron desde el principio a plantear la unión de la rotonda funeraria a un amplio cuerpo basilical de cinco naves, tal y como testimonia la célebre planta que Juan de la Vega realizó en 1594.*



DE QVE COSAS CONSTA el arte dela edificacion. Capitulo segũdo.

EL ARTE de edificar consiste, en ordenar y disponer, y en que lo que se hiziere vaya hermoso proporcionado acertado y repartido como deue. Ordenar, es el saberse aprouechar de cada vno de los miembros por si, y dela proporcion de todos componer vna cosa en q̃ concuerden y vengan bien. I alcancanse este ordenar en guardar le las quantidades que adelleuar. La qual quantidad es el vso del repartimiento del tamaño que damos ala obra, para q̃ de cada vno delos miembros conviniendo con el otro resulte el effecto de toda la obra. Disponer es, darse su deuido asiento y galana postura conforme ala qualidad dela obra. La disposicion es en tres maneras. Vna tracar suelos e plantas delineando fundamentos de paredes columnas o repartimiento de piezas y atajos.


Diego de Sagredo

MEdidas del Romano:
necessarias alos oficiales que quieren seguir las formacio-
nes delas Basas/Colunas/Capiteles/y otras piças delos
edificios antiguos.

Con preuilegio.

6.2. El proceso de renovación en clave renacentista *de la arquitectura española, lentamente madurado a lo largo del segundo cuarto del siglo* XVI*, no se comprende sin la relevancia que paralelamente fue adquiriendo la teoría artística, que tiene dos jalones fundamentales en la publicación de las* Medidas del romano *por Diego de Sagredo en 1526 y en la aparición de la versión castellana de los libros* III *y* IV *del tratado de Serlio en 1552. Estas ediciones testimonian la existencia de una vigorosa corriente vitruviana en la que se inscribe la traducción en Granada del tratado clásico por parte de Lázaro de Velasco h. 1554-1564, una versión de interés extraordinario que quedaría inédita pero que, no obstante, preludia los cambios obrados en las décadas finales de la centuria.*

obra[36] de larga fortuna editorial que incluso fue traducida al francés[37] y publicada en castellano en Lisboa[38].

De evidente esencia vitruviana, es un texto de elementos de arquitectura antigua que centra su atención en las columnas *romanas* antes que en la problemática de los órdenes clásicos[39], razón por la cual sus modestas propuestas no bastaban para satisfacer las necesidades de un artífice deseoso de aplicar el nuevo lenguaje renacentista en los edificios a su cargo. A pesar de tales limitaciones, que acusan el tono medio de la arquitectura española del momento, su difusión debió ser estimable tanto entre los profesionales de la construcción como en otros grupos sociales[40].

[36] Diego de SAGREDO, 1986. También Diego de SAGREDO, 2000, 2 vols.

[37] En 1536, 1539, 1542, 1550 y 1555. Véase Yves PAWELS, 2000, pp. 107-116.

[38] En 1541 y 1542, dos veces.

[39] Felipe PEREDA, 2000 (I), pp. 51-92.

[40] No se ha hecho hasta el momento una estimación de su influencia entre los profesionales españoles del Quinientos. Sobre su huella en otros tratadistas y su presencia en algunas bibliotecas véase Fernando MARÍAS, 2000, pp. 12-13. Algunas referencias más sobre su difusión en el ámbito sevillano en Carmen ÁLVAREZ MÁRQUEZ, 1998, pp. 94-95.

El desarrollo de la arquitectura hispana, que había madurado en el transcurso del segundo cuarto del siglo XVI merced a la labor de las *águilas,* encontró un apoyo significativo en la traducción que **Francisco de Villalpando** (h. 1510-1561) editó en 1552 de los libros III y IV de Sebastiano Serlio[41]. Ya hemos hecho referencia a la filiación vitruviana de este texto, que para mediados de la centuria mantenía una vigencia plena. Su influencia en el arte español de las siguientes décadas fue considerable y contribuyó a crear el clima necesario para la verdadera «revolución clasicista» que se operaría a la sombra del monasterio de San Lorenzo el Real de El Escorial[42].

El vigor de esta corriente vitruviana queda corroborado por la preparación a lo largo de esos años de las primeras traducciones conservadas —totales o parciales— del tratado del arquitecto romano; versiones que, no obstante, quedaron inéditas. Entre ellas, la más notable es la elaborada en Granada entre 1554 y 1564 por el licenciado **Lázaro de Velasco** (h. 1525-1584), efímero maestro mayor de la catedral granadina en 1577 pero, ante todo, teólogo y hombre de letras[43], y la parcial —tan solo del libro I— que **Hernán Ruiz *el Joven*** (h. 1514-1569), maestro mayor de la catedral de Sevilla, incorpora al comienzo de su célebre manuscrito de arquitectura[44] (1545-1566).

La tercera y última etapa de este proceso nos traslada al reinado de Felipe II (1558-1598) y está marcada por la generalización del lenguaje clasicista en buena parte de la Península a partir de la erección del monasterio de San Lorenzo el Real de El Escorial (1562-1586), una empresa de dimensiones casi faraónicas al frente de la que se sucedieron Juan Bautista de Toledo y Juan de Herrera, y que no solo actuó como centro de renovación estilística a partir de las novedades de la arquitectura de Antonio da Sangallo *el Joven*, Miguel Ángel y, en menor medida, Vignola, sino que además permitió incorporar las técnicas de dibujo ortogonal —afinadas, como vimos, en el entorno de la basílica de San Pedro del Vaticano— como soporte del proyecto arquitectónico y de la disociación de la figura del arquitecto de los profesionales encargados de materializar sus ideas[45]. Este método de trabajo exigía a los artífices una preparación teórica más cuidada que intensificó el interés hacia los tratados y por disponer de traducciones de los mismos.

En torno a 1580 comienza la difusión del lenguaje clasicista, en parte a través de obras diseñadas por Juan de Herrera como la catedral de Valladolid (a partir de 1580), la iglesia de Santo Domingo el Antiguo (1576-1579) de Toledo o la Lonja (a partir de 1572) de Sevilla —paradigmas de aplicación del nuevo lenguaje a tipologí-

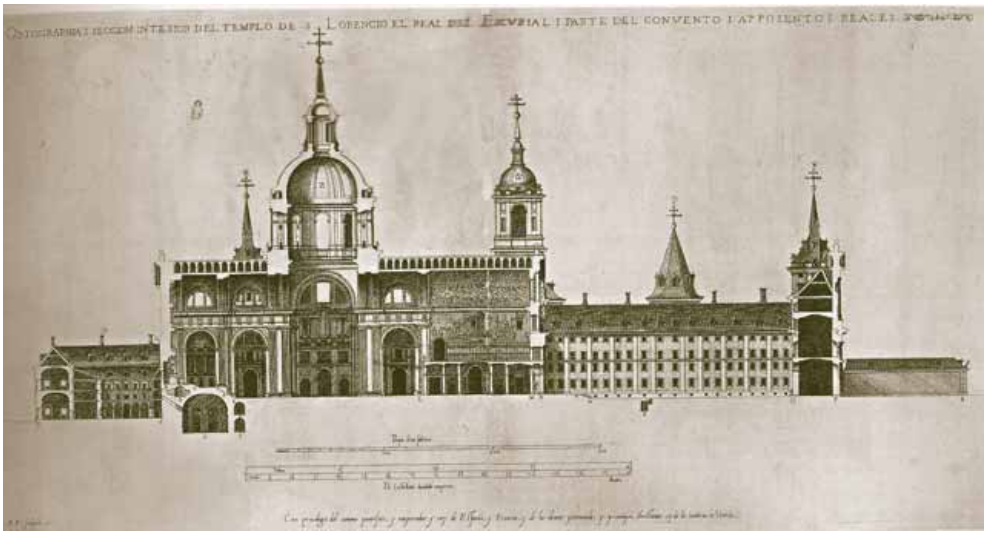
41 Sebastian SERLIO, 1977. Con reimpresiones en 1563 y 1573.

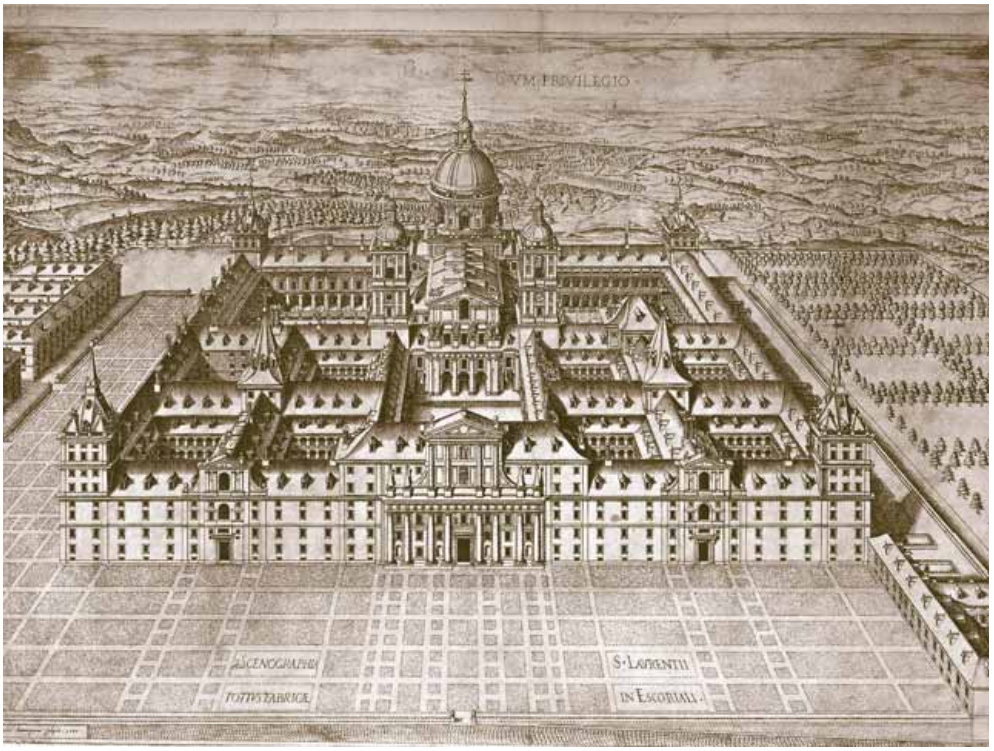
42 Agustín BUSTAMANTE y Fernando MARÍAS, 1985 (I), pp. 117-121.

43 Marco VITRUVIO POLION, 1999.

44 Hernán RUIZ, 1974. Ahora también Hernán RUIZ II, 1998.

45 Fernando MARÍAS, 1991, p. 256.





6.3. San Lorenzo el Real de El Escorial (1562-1586) *constituye el paradigma de la corriente clasicista que domina la arquitectura española del último tercio del siglo XVI. Concebido por Juan Bautista de Toledo y su discípulo Juan de Herrera para cumplir funciones tan diversas como las de monasterio, colegio, palacio o panteón dinástico, no solo renovó el lenguaje formal sino que, además, permitió incorporar las nuevas técnicas del dibujo ortogonal como soporte del proyecto arquitectónico y, de ese modo, disociar las labores de diseño y construcción material. Los magníficos grabados calcográficos que Juan de Herrera publicó en 1589, poco después de la conclusión de las obras, testimonian a la perfección ese nuevo modo de abordar una fábrica de grandes proporciones.*

as constructivas tan diferentes como la catedral, la iglesia conventual o el edificio civil de uso administrativo—, pero también gracias a la publicación por el *aposentador de Su Majestad* de la serie de estampas de El Escorial y el *Svmario* (Madrid, 1589) que lo acompañan[46].

No es posible cartografiar aquí este proceso, que tiene en la vallisoletana iglesia jesuítica de San Luis de Villagarcía de Campos (a partir de 1575), debida a Pedro de Tolosa, uno de sus primeros episodios y que muy pronto se hizo fuerte en focos tan dinámicos como Valladolid y Toledo. Para 1600 afectaba a buena parte de la Península, si bien en Andalucía las nuevas tendencias encontraron una fuerte resistencia favorecida por la vitalidad de una tradición local que se alimentaba en la obra mucho más libre e imaginativa de Hernán Ruiz *el Joven* y Andrés de Vandelvira.

Fue por entonces cuando, por fin, en 1582, apareció la primera edición impresa en lengua castellana del *De architectura* de Vitruvio a partir de la traducción que el modesto ensamblador alcalaíno **Miguel de Urrea**[47] (act. 1540-1565) había efectuado unos años antes con criterios muy cuestionables sobre las ediciones comentadas latinas (1550 y 1552) de Guillaume Philandrier. Esta edición[48], la única disponible en español hasta avanzado el siglo XVIII, debe ser valorada en el panorama del último tercio del siglo, caracterizado por la difusión de los principios del clasicismo a partir de la puesta al día que Juan Bautista de Toledo y Juan de Herrera emprendieron en El Escorial. Un ambiente renovado que cuenta con el marco de referencia de la fundación, h. 1582-1583, de la Academia de Matemáticas y Arquitectura de Madrid[49] —necesitada, entre otras cosas, de textos teóricos en castellano[50] para desarrollar su cometido— y al que quizás escape el libro de Urrea —muerto[51] ya para 1568—, pero en el que se inscriben las últimas traducciones de obras italianas que debemos referir, empezando por la del *De re aedificatoria* de Alberti, aparecida asimismo en 1582 con aprobación de Herrera a partir de una traducción supuestamente debida al maestro de obras madrileño **Francisco Lozano**[52] que hoy se atribuye a Rodrigo Zamorano, cosmógrafo de Sevilla[53].

En este mismo contexto hay que situar la versión que el pintor florentino afincado en la corte filipina **Patricio Cajés** (h. 1540-1612) editaría en 1593-1597 de la

[46] Luis CERVERA VERA, 1954, 2 vols.

[47] M[arco] VITRUVVIO POLLION, 1978.

[48] Agustín BUSTAMANTE y Fernando MARÍAS, 1985 (I), pp. 199-200, ficha B 39 [ejemplar impreso], y p. 200, ficha B 40 [manuscrito de esta traducción]. Véase también José E. GARCÍA MELERO, 1986, pp. 102-131

[49]. Alfonso RODRÍGUEZ GUTIÉRREZ DE CEBALLOS, 1999, pp. 251-258.

[50] Fernando MARÍAS, 1989, p. 511.

[51] José M. CRUZ VALDOVINOS, 1980, pp. 67-72.

[52] Leon Baptista ALBERTO, 1977.

[53] Tal y como argumenta Alfredo J. MORALES MARTÍNEZ, 1994, pp. 454-456.

Regola de Vignola[54]. Este libro, que también contó con la aprobación de Juan de Herrera[55], alcanzaría una extraordinaria difusión en el campo de la retablística al coincidir muchos de sus diseños con los modelos que Gaspar Becerra había aplicado en el retablo mayor de la catedral de Astorga (1558-1563).

Artista activo en Roma (1546-1557), Becerra importó el lenguaje vignolesco aun antes de que apareciera la *editio princeps* de la *Regola* y dio forma a una de las fórmulas de renovación del retablo más seguidas en la segunda mitad del siglo XVI —la otra, de cronología más tardía, deriva de las soluciones herrerianas para el retablo mayor[56] de El Escorial—. Buena prueba de este éxito es que la obra de Vignola sería reeditada en España cuatro veces hasta 1702.

Por lo que respecta a los *Quattri libri dell'architettura* de Palladio, a pesar de que el arquitecto **Juan de Ribero Rada** (h. 1540-1600) preparó una traducción en 1578[57], tan solo ocho años después de la aparición de la obra, esta no se editaría hasta 1625[58] —y, aun entonces, únicamente el libro I, quedando inédito el III—. De hecho, la influencia palladiana, muy evidente en la obra de Ribero Rada, no alcanzaría su plenitud hasta el siglo XVII.

Hernán Ruiz *el Joven*[59] y Juan de Ribero Rada cumplen un papel de bisagra en el panorama que estamos describiendo. Ambos proceden del ambiente canteril, en el que la formación y transmisión de conocimientos tiene lugar en el seno del taller, con el apoyo de libros de traza y corte, unos instrumentos eminentemente prácticos y de concepción bien distinta a los tratados de arquitectura que llegaban de la Italia renacentista[60]. El propio Hernán Ruiz es autor de un libro que figura entre las más notables producciones de este género junto a los de Rodrigo Gil de Hontañón —compilado[61] en el siglo XVII por Simón García— y Andrés de Vandelvira —que ordenó su hijo Alonso[62] y del que Juan de Ribero[63] quizás tuviera una copia—. Pero

---

54 Iacome de VIGNOLA, 1985.

55 Un resumen de la compleja problemática que rodea la edición de Patricio Cajés en Agustín BUSTAMANTE y Fernando MARÍAS, 1985 (I), pp. 210-211, ficha B 51.

56 Difundidas a partir de la aparición en 1589 del Octavo Diseño, que reproducía el retablo mayor escurialense (Luis CERVERA VERA, 1954, pp. 48-49).

57 Agustín BUSTAMANTE y Fernando MARÍAS, 1985 (I), pp. 212-213, ficha B 53.

58 A partir de una nueva traducción, debida al arquitecto Francisco de Pravés. Véase A[ndrea] PALLADIO, 1986.

59 Una aproximación a la cultura libraria de Hernán Ruiz *el Joven,* en particular a la que denota su *Libro de arquitectura,* en Alfredo J. MORALES, 1996, pp. 129-135.

60 José C. PALACIOS GONZALO, 2003, pp. 13-21. Una buena aproximación a los libros de estereotomía del Renacimiento español en Javier GÓMEZ MARTÍNEZ, 1998, pp. 19-40.

61 Simón GARCÍA, 1991, 2 vols.

62 Geneviève BARBÉ-COQUELIN DE LISLE, 1977, 2 vols. De los escasos libros que poseía Andrés de Vandelvira —entre ellos, un Vitruvio en latín y dos Serlios— y de la cultura libraria que reflejan sus obras se da cuenta en Pedro GALERA ANDREU, 2000, pp. 31 y 56-71; y Delfín RODRÍGUEZ RUIZ, 2002, pp. 321-367.

63 Tal y como propone Alfonso RODRÍGUEZ GUTIÉRREZ DE CEBALLOS, 1986, p. 137, entrada n.º 22.

además, salvaron las barreras de la formación tradicional para aproximarse al contenido de los tratadados italianos —de los que el montañés poseía una completa y actualizada colección—, que aportaban nuevos saberes y, en el fondo, otro modo de entender la profesión.

En este contexto debe inscribirse la figura en muchos aspectos excepcional de **Pedro Juan de Lastanosa** (†1576), el probable autor[64] de *Los Veintiún libros de los ingenios y máquinas,* una de las aportaciones más genuinas del Renacimiento español al campo de la tratadística, que resulta obligado mencionar en el contexto de este Congreso aunque su orientación hacia el campo de la ingeniería hidráulica no se corresponda en lo fundamental con los propósitos de este texto[65].

Al igual que sucede con Ribero Rada, en Lastanosa coinciden una notable preparación teórica y un eminente interés práctico. La erudición del matemático de Felipe II era extraordinaria, tal y como puede verse en el propio texto de *Los Veintiún libros* a través de sus citas expresas[66] y seguirse a través del inventario *post mortem* de su biblioteca[67], formada por medio millar de títulos entre los que se cuentan algunas de las principales autoridades de teoría arquitectónica —Vitruvio[68], Alberti[69], Grapaldo[70] e, incluso, Sagredo[71]— sin que tampoco falten las de mecánica, fortificación, metalurgia, minería, cosmografía, astronomía y otros saberes que en la época se asociaban con el ejercicio de la naciente profesión del ingeniero. Pero en *Los Veintiún libros* la componente teórica se asume y reelabora para alumbrar un producto de eminente carácter técnico y en el que se tiende con toda claridad hacia la praxis.

Opinión que no comparte Fernando Marías, 1989, p. 551, para quien el libro de traza y corte que figura en el inventario del montañés sería más bien fruto de su propia labor.

64 Hipótesis, como es sabido, muy discutida, pues si bien se tiende a admitir que el autor ha de ser aragonés, tal y como argumentan Juan A. Frago Gracia y José A. García Diego, 1988, *passim,* su identificación con Lastanosa se debe a Nicolás Garcíá Tapia, 1997, *passim,* y no es aceptada por otros autores.

65 Pseudo-Juanelo Turriano, 1996.

66 Nicolás Garcíá Tapia, 1994, pp. 459-465.

67 Alfredo Alvar Ezquerra y Fernando J. Bouza Álvarez, [1983], pp. 101-175. Falta, no obstante, un estudio en profundidad de este documento fundamental. El inventario no recoge todos los textos de teoría arquitectónica citados en *Los Veintiún libros,* ya que faltan Pietro Cataneo, Antonio Labacco, Sebastiano Serlio y Vignola.

68 Disponía de tres ediciones: una italiana con comentario de Daniele Barbaro [entrada n.º 336], una latina del comentario de Guillaume Philandrier [entrada n.º 337] y otra latina sin más especificaciones [entrada n.º 382].

69 Una edición latina [entrada n.º 271]. Para las diferentes ediciones posibles véase Julius Schlosser, 1976, p. 125.

70 Con once ediciones anteriores a la fecha del inventario —la primera, de Brescia, 1501— [entrada n.º 253]. Véase Agustín Bustamante y Fernando Marías, 1985 (I), pp. 203-204, ficha B 44.

71 La entrada n.º 469 reza: *otro libro en castellano que tiene titulo medidas del romano e bitrubio*

III

Una aproximación al panorama aragonés

Las vías para rastrear el influjo de los tratados entre los artistas son básicamente tres: el estudio de sus bibliotecas[72], las alusiones a textos de teoría incluidos en contratos, visuras o pleitos y el análisis directo de sus obras. La primera y segunda demuestran el conocimiento y manejo de los textos teóricos por parte de los profesionales de las diferentes disciplinas, mientras que la tercera aporta la prueba definitiva de la asimilación o, al menos, utilización práctica de los mismos. A continuación intentaremos evaluar la cultura libraria de los artífices aragoneses del Renacimiento a partir del estudio de los ejemplos más significativos que se han logrado documentar.

No ha sido posible hasta ahora identificar ningún ejemplar de tratado u obra de características concomitantes anotado por un artífice aragonés, lo que nos priva de una fuente de primer orden para aproximarnos al ambiente artístico del momento[73]. Se trata, no obstante, de una vía de investigación abierta y que aún puede deparar sorpresas.

III.1. *Los inventarios de libros*

La documentación aragonesa no se muestra pródiga a la hora de proporcionar catálogos de bibliotecas de maestros de obras y artistas plásticos[74], limitándose en ocasiones a constatar la existencia de libros sin pormenorizar sus contenidos. Así sucede, por ejemplo, con **Juan de Sariñena** (†1545), el célebre constructor de la Lonja (1541-1551) de Zaragoza, cuyo inventario *post mortem* certifica la presencia de *libros y paperes* junto a las consabidas *traças y debuxos*[75].

enquadernado. El *item* desliza necesariamente algún error. No puede tratarse de un volumen misceláneo que incluya a Sagredo y una traducción castellana impresa de Vitruvio porque esta no se publicó hasta 1582, a no ser que el Vitruvio fuera manuscrito. Otra posibilidad es que el escribano haya confundido la lengua, y que esta fuera el francés en vez del castellano, con lo cual su descripción podría hacer referencia al peculiar título que se dio a las ediciones francesas del texto sagrediano: *Raison darchitecture antique, extraicte de Victruue, et aultres anciens Architecteurs, nouuellement traduit Despaignol en Francoys: a lutilite de ceulx que se delectent en edifices.*

72 El estudio de referencia es el de Ramón Soler i Fabregat, 1995, pp. 145-164.

73 El caso más cercano es el de un ejemplar en italiano de la edición de Cosimo Bartoli del tratado de Alberti (Florencia: Lorenzo Torrentino, 1550) conservado en la Biblioteca Nacional de Madrid, que fue anotado por un artífice anónimo en un castellano salpicado de modismos aragoneses al que, no obstante se ha asignado una procedencia catalana (Agustín Bustamante y Fernando Marías, 1985 (I), pp. 201-202, ficha B 42 [c]; Agustín Bustamante y Fernando Marías, 1985 (II), pp. 33-35; Nicolás García Tapia, 1994, pp. 459-463).

74 Para las artes del pincel y la gubia véase Jesús Criado Mainar, 1996, pp. 55-58.

75 Carmen Gómez Urdáñez, 1988, p. 253.

Algunas referencias resultan algo ambiguas respecto a la naturaleza de las obras y parecen describir cuadernos de dibujo antes que libros propiamente dichos. Así sucede con **Jorge de Soria,** un modesto maestro de obras zaragozano fallecido en 1504 en cuyas casas se encontró *un libro de traças con otros pergaminos de la misma arte*[76]. El testamento del *mazonero de aljez* **Francisco Santa Cruz** (act. 1526-1571), que junto a numerosos *paperes de debuxos* cita un *libro grande de debuxos*[77], apunta en principio en esta misma dirección, pero la práctica profesional de este prolífico y reputado artífice, en la que sobresale la realización de portadas de yeso, deja entrever la posibilidad de que se tratara de un ejemplar de Serlio —cuya utilización es, tal y como tendremos oportunidad de ver, evidente en su obra— u otro tratado de características cercanas.

El ejemplo más interesante corresponde a la relación incorporada al inventario del carpintero-ingeniero **Jaime Fanegas**[78] (doc. 1544-1574, †1574), que consigna veinte libros aceptablemente descritos, de los que diecisiete pueden vincularse a su actividad[79]. Poseía tres ejemplares de Serlio, uno de ellos quizás de los libros III y IV (Toledo, 1552; reimpresiones en 1563 y 1572) y otro, tal y como indica el escribano, del V, que había de ser la edición francesa (París, 1547) o alguna de las italianas[80] (Venecia, 1551 y 1559). Disponía asimismo de dos ejemplares de Vitruvio[81] y uno de Alberti[82] —obras no traducidas al español hasta 1582—, que el escribano no describe con suficiente precisión.

También contaba con un ejemplar de Pietro Cataneo, ya fuera la edición parcial de *I Quattro Primi Libri di Architettura* (Venecia, 1554) o la completa de *L'Architettura* (Venecia, 1557), un texto que combina el estudio de la arquitectura civil y religiosa con el de la ingeniería militar[83] y del que nuestro artífice pudo servirse para la materialización de algunos compromisos profesionales[84]. Una nueva

---

[76] *Ibidem,* p. 260. Su dedicación a la albañilería desaconseja en esta oportunidad su identificación con un libro de estereotomía.

[77] Sobre este particular véase Jesús Criado Mainar y Javier Ibáñez Fernández, 2002, pp. 243 y 270-271, doc. n.º 6.

[78] El inventario de la biblioteca en Carmen Gómez Urdáñez, 1982, pp. 241-245.

[79] Sobre la misma véase Carmen Gómez Urdáñez, 1986, pp. 467-474; y Javier Ibáñez Fernández, 2000, pp. 80-99.

[80] Julius Schlosser, 1976, p. 358.

[81] La primera mención documentada en una biblioteca aragonesa del tratado vitruviano es de 1543 (Carmen Gómez Urdáñez, 1989, p. 468, nota n.º 25).

[82] En la espléndida biblioteca zaragozana (1563) de Miguel Climent Gurrea, protonotario de Aragón, figuraban el *De re aedificatoria* de Alberti, el *De architectura* de Vitruvio y las *Medidas del romano* de Sagredo, amén de otros *dos libros grandes cubiertos de pergamino de architectura* (M.ª Teresa Álvarez Clavijo y Ana J. Mateos Gil, 1996, p. 108).

[83] Agustín Bustamante y Fernando Marías, 1985 (I), pp. 207-208, ficha B 48.

[84] Tal y como argumenta atinadamente Javier Ibáñez Fernández, 2000, p. 85.

entrada refiere *otro* [libro] *de architectura viejo,* que unido a los anteriores supone un total de ocho títulos de esta materia.

El inventario incluye varios *ítems* con textos de poliorcética y castramentación, entre los que sobresalen el *De re militaria* de Flavio Vegecio Renato —con distintas ediciones en latín desde época incunable— y los *Comentarios* de Julio César —Fanegas manejaba una edición en francés—, dos obras de época clásica que reportarían al artífice cumplida información sobre la construcción de puentes, una de sus actividades mejor documentadas[85]. Más difícil resulta identificar con precisión las entradas que mencionan *un libro de fortificar fortalezas* y otro titulado *De re militari,* quizás otro Vegecio.

También aparece el *De re metallica libri XII* del alemán Jorge Agricola (Basilea, 1556) y la *Pirotechnia* del sienés Vannoccio Biringuccio[86] (Venecia, 1540), verdaderos manuales de las artes del fuego y los metales que fueron objeto de frecuentes reediciones a lo largo del Quinientos. Junto a ellos, dos obras de geometría —un *abecedario* y un ejemplar tildado de *viejo*– y el *Livre de perspective* de Jean Cousins[87] (París, 1560). Los tres últimos apuntes corresponden a la *Cosmografia* de Pedro Apiano[88] (Amberes, 1548), una recopilación de las obras de Lucano y un *Transito de la muerte.*

Jaime Fanegas poseía una biblioteca ajustada a su especialización profesional, muy operativa y de eminente carácter instrumental. Sus dimensiones resultan, no obstante, modestas en comparación con las que reunieron en el último tercio del siglo artífices de la corte y su entorno tan notables como los arquitectos reales Juan Bautista de Toledo[89] —cincuenta obras en la parte que se salvó del naufragio de sus bienes— y Juan de Herrera[90] —con setecientos cincuenta libros, la más sobresaliente del Renacimiento en la Península—, Juan de Ribero Rada[91] —propietario de ciento cincuenta y uno— o Juan Bautista Monegro[92] —que hizo acopio en Toledo de seiscientos diez títulos.

A gran distancia de las cifras que arroja el inventario de este reputado carpintero-ingeniero se encuentra el del cantero **Jerónimo Salcedo,** fallecido en Zaragoza en 1598, en donde probablemente se encontrara de paso. Entre sus bienes se halla-

---

85 *Ibidem,* pp. 85-89.

86 La impresión más cercana a la fecha del inventario es, no obstante, la de Venecia: Giglio Girolamo & C., 1559. Véase Vannoccio Biringuccio, 1990.

87 Julius Schlosser, 1976, p. 362.

88 La *editio princeps,* en latín, es de 1524.

89 Luis Cervera Vera, 1950 y 1951, CLXII, pp. 583-622, y CLXIII, pp. 161-188.

90 Francisco J. Sánchez Cantón, 1941, *passim.*

91 Alfonso Rodríguez Gutiérrez de Ceballos, 1986, pp. 121-154.

92 Fernando Marías, 1981, pp. 89-117.

ron diez libros, al menos ocho de ellos de tipo profesional[93]. Destaca la presencia de un Vitruvio y un *Sebastian* —sin duda, un ejemplar de Serlio— junto al *De re militaria* de Vegecio. Además, la relación contempla *un libro intitulado scenographie* y *quatro libros estanpados.*

La tercera y última biblioteca de un artífice de la construcción localizada en Aragón dentro de los límites del siglo XVI[94] corresponde al gran *architecto* e ingeniero francés **Pierres Vedel** (act. 1544-1567, †1567), conocida por un inventario parcial de sus bienes levantado en 1575 a instancias de sus herederos. De dimensiones similares a la de Jerónimo Salcedo, está siendo estudiada en estos momentos por Javier Ibáñez[95], si bien puede avanzarse que en la misma figuran las *Medidas del romano* de Diego Sagredo, en la que por ahora es la única —y tardía— presencia documentada de este texto en manos de un artista aragonés del Quinientos[96], y el libro V de Serlio —que también tenía Fanegas—, un texto idóneo para la edificación de templos, una de sus principales ocupaciones profesionales.

Los ejemplos más modestos testimonian la posesión de un único título, como sucede con el maestro de obras **Domingo de Ondarra,** en cuyas casas de Zaragoza se inventarió en 1587 *un libro* [de] *Sabastiano* [Serlio] sin más especificación[97], o el oscense **Jerónimo Bocanegra de Segura** (h. 1550-1614), bordador de profesión y tracista eventual de obras de arquitectura, que declaraba contar en 1612 con *el libro de traza de Juan d[e] Arfe*[98] —probablemente no era la única obra en su poder—, sin duda el *De varia commensvracion*[99] (Sevilla, 1585), un texto que, además de noticias sobre geometría [libro I] y anatomía [libro II], incluye un capítulo dedicado en parte al estudio de los órdenes clásicos [libro IV].

---

93 Ángel SAN VICENTE PINO, 1994, pp. 57-58, y pp. 257-258, doc. n.º 121.

94 La biblioteca del escultor Domingo Fernández de Ayarza (doc. 1587-1606), formada por una veintena de libros —doce de ellos, *de su arte,* no fueron descritos por el notario—, es la única localizada hasta ahora de un artista plástico (Jesús CRIADO MAINAR, 1996, p. 57). Esta cifra supera la media, calculada en unos doce volúmenes por Ramon SOLER I FABREGAT, 1995, p. 151.

95 A quien agradezco su generosidad científica al permitirme dar cuenta de la misma en esta publicación. Véase Javier IBÁÑEZ FERNÁNDEZ, *Tradición y modernidad en la arquitectura aragonesa del Quinientos. Charles de Mendibe, Martín de Miteza y Pierres Vedel,* tesis de doctorado en curso de realización.

96 Recuérdese, no obstante, que el texto se reeditó en español en 1541, 1542, 1549 y 1564. En Tudela (Navarra), ciudad próxima a Zaragoza e integrada por entonces en el obispado de Tarazona, se registran las *Medidas del romano* ya en 1547 en poder del maestro de obras Francisco de Huarte y el cantero Antón de Beñarán (M.ª Josefa TARIFA CASTILLA, 2003, pp. 80-81).

97 Ángel SAN VICENTE PINO, 1991, pp. 439-440, doc. n.º 353.

98 María ESQUÍROZ MATILLA, 1989, p. 536. La actividad arquitectónica del artífice se analiza en Fernando MARÍAS FRANCO, 1994, pp. 71-73.

99 Ioan de ARPHE Y VILLAFAÑE, 1979.

III.2. *Los contratos de obras*

Las citas directas de tratados en la documentación vinculada a la actividad laboral de los artistas, tanto con propósito modelístico como a título de mera autoridad son, si cabe, aún más escasas que la mención de estos mismos textos en los inventarios de bienes y llevan en todos los casos a fechas avanzadas dentro del siglo XVI cuando no a comienzos del XVII. A pesar de todo, podemos referir varios ejemplos significativos que testimonian el cambio que se fue produciendo en la cultura libraria de comitentes y artífices.

El caso más espectacular lo proporciona el acuerdo por el que el cabildo de la catedral de Tarazona concedió permiso en 1577 al tesorero Martín de Mezquita para enterrarse al pie de la puerta del crucero del templo, que el prebendado se disponía a adornar con una portada de cantería. Para dicho efecto, este mostró a los capitulares *un libro de traças de portadas, el qual contenia cinquenta traças de portadas, hecho y ordenado por mastre Sebastian Serlio, architector, para que vistas y examinadas por el cabildo se tome una, la que mas bien visto le sera y que pueda corresponder a la demas fabrica de la dicha iglesia*[100].

El documento alude al *Libro extraordinario* del boloñés —impreso por vez primera[101] en Lyon en 1551—, pero lo más probable es que el verdadero propietario del mismo fuera el escultor turiasonense Bernal del Fuego (act. 1558-1584, †1585), con quien el tesorero Mezquita contrató la realización de la portada[102] y que, en buena lógica, habría presentado a su cliente distintas alternativas extraídas directamente del tratado[103].

La fábrica turiasonense se trazó, en efecto, en sus líneas generales a partir del modelo XVIII de la serie de portadas de obra delicada del *Extraordinario,* pero el escultor acudió a otras fuentes para resolver detalles tales como los complejos derrames, inspirados en un bello grabado (1575) de Cherubino Alberti sobre dibujo de Rosso Fiorentino,[104] y que presentan coincidencias con la disposición general del retablo de Santa Casilda (ant. 1567) de la iglesia de Santa María de Briviesca[105] (Burgos). También hay que destacar el cuidado trabajo estereotómico del arco abocinado interior, basado en una trompa de ángulo obtuso[106], y cuyo peculiar acasetonado le otorga un aire muy francés.

---

100 Jesús Criado Mainar, 1996, pp. 369-376, y pp. 823-825, doc. n.º 97.

101 Julius Schlosser, 1976, p. 358.

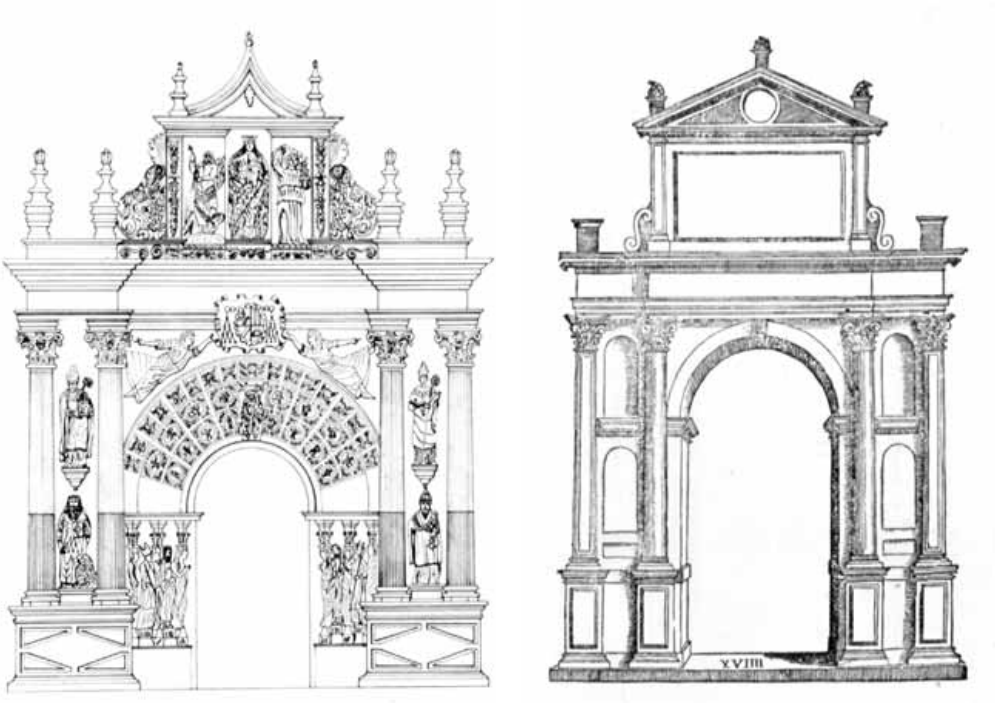
102 Jesús Criado Mainar, 1996, pp. 829-831, doc. n.º 101. Ninguno de los contratos que generó el encargo menciona el uso del tratado de Serlio, en lo que constituye un testimonio meridiano de que este tipo de fuentes era empleado más allá de posibles citas expresas.

103 Véase, no obstante, Pedro Echeverría Goñi, 1990, p. 234, donde se plantea la hipótesis de que el propietario del texto fuera el tesorero.

104 José G. Moya Valgañón, 1985, pp. 268-271.

105 José J. Vélez Chaurri y Pedro Echeverría Goñi, 1998, p. 131.

106 José C. Palacios Gonzalo, 2003, p. 29, fig. 1.5.



6.4. La portada de la catedral de Santa María de la Huerta en Tarazona *constituye un buen ejemplo para valorar la utilización de los tratados de arquitectura renacentista como fuente modelística. Fue costeada con propósito funerario por el tesorero Martín de Mezquita, que en 1577 recabó la pertinente autorización del cabildo catedralicio no sin antes presentarles «*un libro de traças de portadas, el qual contenia cinquenta traças de portadas, hecho y ordenado por mastre Sebastian Serlio, architector, para que vistas y examinadas por el cabildo se tome una*», que debemos identificar con el* Libro extraordinario *del teórico boloñés. Contrató la obra el escultor local Bernal del Fuego que, en efecto, diseñó la fábrica sobe el modelo* XVIII *de la serie de portadas de obra delicada del* Extraordinario.

Si la mención del tesorero Mezquita poseía un evidente propósito modelístico, la que glosaremos a continuación se sirve de los tratados como autoridad, es decir, como argumento para ratificar la idoneidad del lenguaje a aplicar en una determinada obra. En este sentido hay que interpretar la cita incluida en 1583 en la capitulación del retablo que los cofrades de la Vera Cruz de Cascante encargaron al escultor turiasonense Juan Sanz de Tudelilla (doc. 1549-1591, †1592) para ornato de su capilla en la iglesia de Nuestra Señora de la Victoria de la localidad navarra, documento en el que se expresa que la obra se ejecutaría *en proporcion* [y] *conforme al arte, como lo enseña Bitrubio y Sebastian Sernio, y otros muchos que an escrito desta facultad*[107].

[107] M.ª Josefa Tarifa Castilla, 2003, pp. 81-82.

De la lectura del documento parece colegirse que Juan Sanz de Tudelilla, un artista ponderado por la historiografía aragonesa más allá de sus verdaderos méritos[108], no tenía dificultades para manejar la literatura artística —los dos títulos aducidos habían sido ya traducidos al español—, pero conviene subrayar que le venía justo para suscribir —más que para firmar— con su autógrafo de letras capitales las actas notariales en las que intervenía y que, desde luego, no conservamos otros textos suyos hológrafos.

III.3. *La aplicación práctica de los tratados*

Completaremos este repaso con dos ejemplos del manejo de la tratadística por los artífices aragoneses, más allá de que la documentación no exprese o refiera su uso. El primero testimonia su utilización como fuente gráfica para la configuración de una estructura de cierta complejidad —portada del atrio de la Pabostria de la Seo de Zaragoza—. El segundo reviste un interés particular ya que permite constatar el uso del tratado de Palladio mucho antes de su traducción como método gráfico de elaboración de proyectos arquitectónicos —capilla Monreal de la parroquia de San Pablo en Zaragoza.

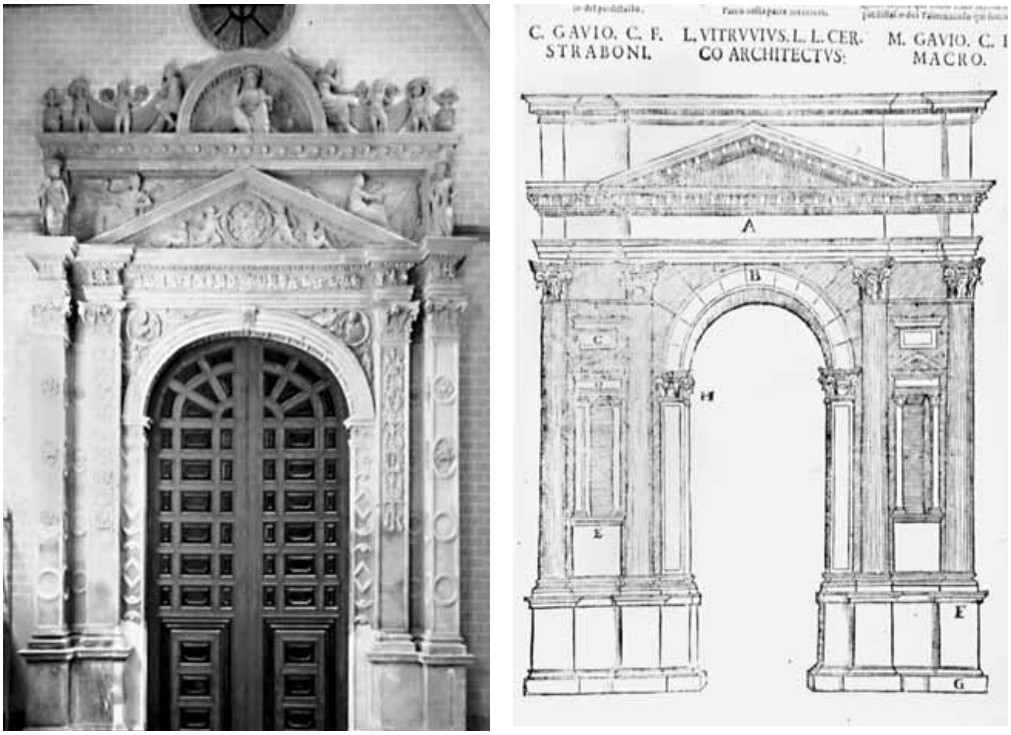
Muy espectacular es la portada de aljez (1557-1558) dispuesta ante la entrada a la catedral metropolitana de la Seo desde el atrio de la Pabostria. Se trata de una obra documentada del *mazonero de aljez* Francisco Santa Cruz[109], oculta durante décadas por una cajonera de grandes dimensiones y que ha permitido armar el catálogo de este artífice sobre bases rigurosas.

Consta de un portal corintio rematado en frontón triangular que se cobija dentro de otro, más amplio, de orden pseudocompuesto y ligeramente adelantado. Un entablamento liga el único piso del portal interior al primero de los dos que integran el exterior, alzándose sobre su cornisa un segundo nivel concebido a modo de ático. Santa Cruz tomó este esquema del libro III de Serlio, consagrado al estudio de los monumentos antiguos de Roma y otras partes de Italia, pues en líneas generales coincide con su propuesta de alzado para el arco triunfal del Castelvecchio de Verona —fol. LXVIII de la edición de 1552—, si bien los intercolumnios laterales se han reducido hasta casi desaparecer. Hay que advertir, además, que este mismo motivo había sido empleado dos años antes, en 1556, para configurar el retablo de la capilla de San Bernardo del monasterio de Veruela[110] (Zaragoza); de hecho, los libros III y

[108] Su biografía en Jesús CRIADO MAINAR, 1996, pp. 606-611. El problema de las obras incorrectamente atribuidas a este escultor se trata en Carmen GÓMEZ URDÁÑEZ, 2000, pp. 16-24; y también en Jesús CRIADO MAINAR y Javier IBÁÑEZ FERNÁNDEZ, 2002, pp. 249-250, notas 99 y 100.

[109] Jesús CRIADO MAINAR, 1998, pp. 278-280; Jesús CRIADO MAINAR y Javier IBÁÑEZ FERNÁNDEZ, 2002, pp. 253-258.

[110] Javier IBÁÑEZ FERNÁNDEZ, 2002, p. 140; Jesús CRIADO MAINAR y Javier IBÁÑEZ FERNÁNDEZ, 2002, p. 254.



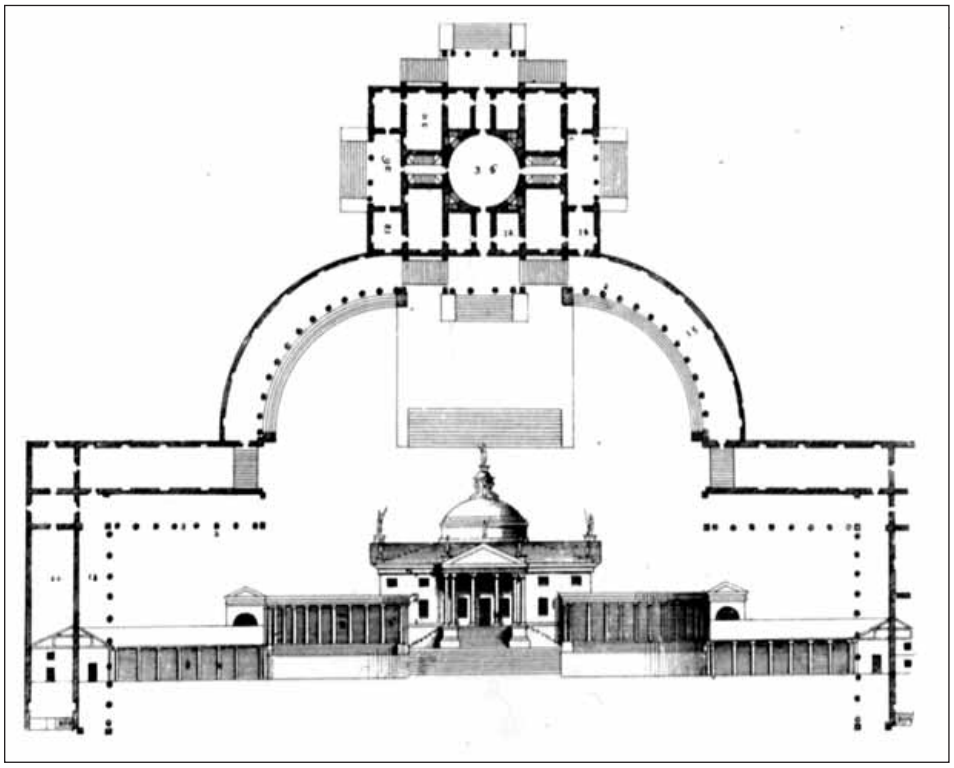
6.5. La documentación no siempre aporta las claves necesarias *para reconstruir el proceso de diseño de las creaciones artísticas. La portada del atrio de la Pabostría (1557-1558) de la Seo de Zaragoza es una obra notable del mazonero de aljez Francisco Santa Cruz, concebida sobre una lámina de Sebastiano Serlio. En concreto, la que representa el alzado del arco triunfal de Castelvecchio de Verona, reproducido en el fol.* LXVIII *del libro* III*, que el arquitecto italiano dedica al estudio de los monumentos antiguos de Roma. Como suele ser habitual, Santa Cruz no trasladó el grabado xilográfico de modo literal, sino que lo adaptó a las necesidades específicas del encargo.*

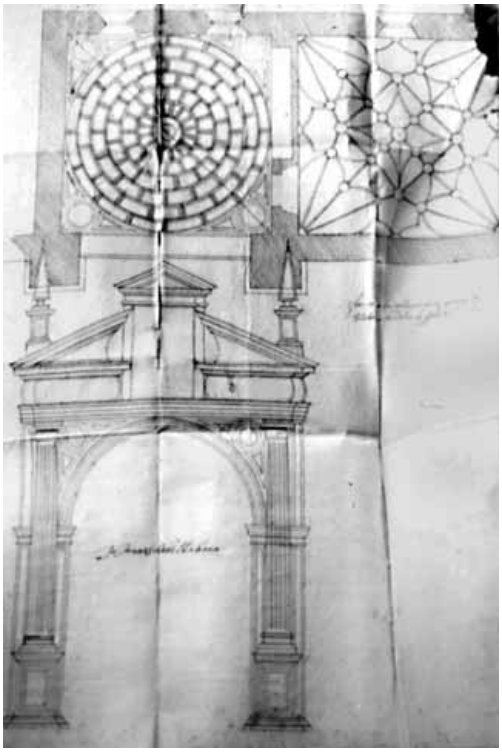
IV de Serlio ejercieron una influencia decisiva en la renovación de la retablística aragonesa en el tercer cuarto del siglo XVI[111].

El último caso nos traslada al final del siglo, momento en el que la renovación de la arquitectura aragonesa en clave clasicista adquiere nuevo impulso. A partir de esas fechas, el número de trazas conservadas —arquitectónicas y retablísticas— aumenta de modo significativo y, además, los criterios aplicados para su elaboración denotan con claridad una puesta al día por parte de los tracistas[112]. Están realizadas

111 Tal y como argumenta Agustín BUSTAMANTE GARCÍA, 1994, p. 61.

112 Jesús CRIADO MAINAR, 1996, pp. 60-64. Ha de emprenderse, no obstante, un estudio pormenorizado de la cuestión.





6.6. En Aragón, los años finales del siglo XVI coinciden con una profunda renovación de la arquitectura *en clave clasicista, paralela a la generalización de las técnicas del dibujo ortogonal. Las trazas de la capilla Monreal de la iglesia de San Pablo de Zaragoza, elaboradas por Juan de Villabona en 1601, ofrecen un ejemplo precioso de doble proyección ortogonal, en el que el alzado de la portada aparece parcialmente superpuesto a la planta del recinto –que ocupa la parte superior del dibujo–, tal y como Andrea Palladio representa su proyecto para la Villa Trissino en sus* Quattri libri dell'architettura.

de acuerdo con los principios del dibujo ortogonal, generalizado en España a raíz de la construcción del monasterio de San Lorenzo el Real de El Escorial[113] —en cuya difusión tanta importancia revistieron las láminas que acompañaron al *Sumario* de Juan de Herrera—, y denotan un manejo fluido ya no solo del tratado de Serlio, sino también de otros títulos de cronología más próxima.

El método utilizado en ellos es siempre el de la doble proyección, que incluye un alzado en correspondencia con la planta, tal y como puede verse en la traza de la portada de la desaparecida Casa de la Aduana en Zaragoza que acompaña al contrato que en 1594 suscribieron la Diputación del Reino y el cantero vasco Juan de Villabona[114] (act. 1593-1602). Idénticos recursos, aunque algo más perfeccionados, se advierten en el cuidado dibujo que se incorporó en el año 1598 al acuerdo para la realización por parte de Juan Miguel Orliens del retablo de la cofradía del Rosario, de Huesca[115].

Este mismo sistema se adoptó en las trazas de la capilla (1601-1602) que Diego de Monreal, obispo de Huesca, hizo erigir al mismo Villabona bajo advocación de Santiago en la parroquia de San Pablo de Zaragoza[116]. Al tratarse de un organismo algo más complejo que los anteriores, el alzado de la portada aparece parcialmente superpuesto a la planta del recinto, que ocupa la parte superior del dibujo —en vez de la inferior—, tal y como Andrea Palladio resuelve la representación mediante la planta y el alzado de su proyecto para la, por lo demás, nunca concluida Villa Trissino[117].

Si para la elaboración de las trazas de la portada de la Casa de la Aduana o del retablo del Rosario hubiera bastado, en realidad, con seguir el método de Sebastiano Serlio —tan difundido entre las bibliotecas de los artistas aragoneses del Quinientos—, la superposición parcial del alzado sobre la planta en el último diseño ananalizado apunta de modo inequívoco a Palladio y aporta un testimonio precioso de su difusión en la Zaragoza de hacia 1600, coincidiendo con el definitivo triunfo de la arquitectura clasicista en la ciudad y su ámbito de influencia[118].

---

113 Fernando Marías, 1991, pp. 254-256. Ahora Agustín Bustamante García, 2001, pp. 287-336; y Javier Ortega Vidal, 2001, pp. 337-415.

114 Ángel San Vicente Pino, 1991, pp. 505-506, doc. n.º 420. La traza se reproduce en la p. 507.

115 Federico Balaguer Sánchez y M.ª José Pallarés Ferrer, 1993, pp. 186-188, doc. nº 2, más un desplegable con la reproducción de la traza; y Federico Balaguer Sánchez, 1996, pp. 232-233, donde la traza se reproduce en la p. 233.

116 Ángel San Vicente Pino, 1994, pp. 258-263, doc. n.º 122. La traza se reproduce en la p. 259. El estudio de la traza y la capilla en Ana I. Bruñén Ibáñez y Jesús Criado Mainar, 2001, pp. 35-74.

117 Jesús I. San José Alonso, 1997, pp. 44-45, y p. 67, fig. n.º 29. Seguimos aquí la sólida argumentación de Javier Ibáñez Fernández, 2002, p. 179; y Javier Ibáñez Fernández, 2003, pp. 170-171.

118 A este respecto véase Jesús Criado Mainar.

Bibliografía

I. *Tratados, fuentes impresas y repertorios*

Alberto, Leon Baptista: *De re aedificatoria ó los diez libros de architectura de..., traduzidos del latin en romance por Francisco Lozano, alarife de la villa de Madrid, a la vista del texto toscano de Cosme Bartoli, academico florentino, y con los grabados de este,* introducción de José M.ª Azcárate, Valencia, Albatros, 1977 [facsímil de la edición de Madrid: Alonso Gómez, 1582].

Alberti, Leon Battista: *L'Architettura-De re aedificatoria,* texto latino y traducción al italiano de Giovanni Orlandi, introducción y notas de Paolo Portoghesi, Milán, Il Polifilo, 1989, 2.ª ed., 2 vols.

— *De Re Aedificatoria,* traducción de Javier Fresnillo Núñez y prólogo de Javier Rivera, Madrid, Akal, 1991.

— *De la pintura y otros escritos sobre arte,* introducción, traducción y notas de Rocío de la Villa, Madrid, Tecnos, 1999.

Arphe y Villafañe, Ioan de: *De varia commesvracion para la esculptvra y architectvra,* introducción de Francisco Íñiguez, Valencia, Albatros, 1979 [facsímil de la edición de Sevilla: Andrea Pescioli y Iuan de Leon, 1585].

[Barbaro, Daniele (traductor y editor)]: *I dieci libri dell'architettura di M. Vitruvio. Tradotti e commentati da Mons...* [ed. facsímil de la de Venecia: Francesco de' Francesci y Giovanni Chrieger, 1567], presentación de Manfredo Tafuri y estudio de Manuela Morressi, Milán, Il Polifilo, 1987.

Barbé-Coquelin de Lisle, Geneviève: *Tratado de arquitectura de Alonso de Vandelvira,* Albacete, Caja de Ahorros, 1977, 2 vols. [incluye transcripción del manuscrito en el vol. I y edición facsímil en el vol. II].

Biringuccio, Vannoccio: *The Pirotechnia of... translated from the Italian,* introducción y notas de C. S. Smith y M. T. Gnudi, Nueva York, Basic Books, 1990.

Cennini, Cennino: *El Libro del arte,* edición de Franco Brunello, Madrid, Akal, 1988.

Cervera Vera, Luis: *Las Estampas y el Sumario de El Escorial por Juan de Herrera,* Madrid, 1954, 2 vols.

[Cesariano, Cesare (traductor y editor)]: *Di Lucio Vitruvio Pollione de Architettura Libri Decem traducti de Latino in Vulgare affigurati: Commentati...* [ed. facsímil de la de Como: Gotardus Ponte, 1521], edición de Arnaldo Bruschi, Adriano Carugo y Francesco Paolo Fiore, Milán, Il Polifilo, 1981.

García, Simón: *Compendio de architectura y simetria de los templos conforme a la medida del cuerpo humano, con algunas demostraciones de geometria. Año de 1681,* edición de Antonio Bonet Correa y Carlos Chafón Olmos Valladolid,

Colegio Oficial de Arquitectos, 1991, 2 vols. [incluye edición facsímil y transcripción del manuscrito].

LEMERLE, Frédérique: *Les Annotations de Guillaume Philandrier sur le* De Architectura *de Vitruve. Livres I à IV,* París, Picard, 2000.

PALLADIO, Andrea: *I Quattrro libri dell'Architettura,* edición de Licisco MAGAGNATO y Paola MARINI, Milán, Il Polifilo, 1980.

— *Libros I y III de..., traducidos por F[rancisco] de Praves en Valladolid, 1625,* edición y estudio de Javier RIVERA, Valladolid, Colegio Oficial de Arquitectos de Valladolid y Junta de Castilla y León, 1986 [incluye edición facsímil de la impresión del libro I y del manuscrito del libro III].

PLINIO *EL VIEJO*: *Textos de Historia del Arte,* edición de M.ª Esperanza TORREGO, Madrid, Antonio Machado Libros, 2001, 2.ª ed.

RUIZ, Hernán: *El «Libro de arquitectura» de...,* estudio y edición crítica a cargo de Pedro NAVASCUÉS PALACIO, Madrid, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, 1974.

RUIZ II, Hernán: *Libro de arquitectura. Hernán Ruiz II,* Sevilla, Fundación Sevillana de Electricidad, 1998, 2 vols. [con edición facsímil del manuscrito como vol. I].

SAGREDO, Diego de: *Medidas del romano,* edición y estudio de Fernando MARÍAS y Agustín BUSTAMANTE, Madrid, Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, 1986 [con facsímil de la 2.ª edición de Toledo: Juan de Ayala, 1549].

— *Medidas del romano,* edición de Fernando MARÍAS y Felipe PEREDA, Toledo, Antonio Pareja ed., 2000, 2 vols. [con facsímil de la *editio princeps* de Toledo: Remón de Petras, 1526].

SCHLOSSER, Julius: *La literatura artística. Manual de fuentes de la historia moderna del arte,* Madrid, Cátedra, 1976, 2.ª ed.

SERLIO, Sebastian: *Tercer y Quarto libro de Architetura. (Toledo, Ivan de Ayala, 1552),* introducción de George KUBLER, Valencia, Albatros, 1977.

SERLIO, Sebastiano: *Tutte l'opere d'Architettura et prospettiva di... diviso in sette libri* [ed. facsímil de la de Venecia: Francesco de' Franceschi, 1600], introducción de Carlos SAMBRICIO y edición de Fausto DÍAZ PADILLA, Oviedo, Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Asturias, 1996, 2 vols.

— *L'Architettura. I libri I-VII e Extraordinario nelle prime edizioni,* edición de Francesco Paolo FIORE, Milán, Il Polifilo, 2001, 2 vols.

TURRIANO, Pseudo-Juanelo: *Los veintiún libros de los ingenios y máquinas de...,* transcripción de Pedro LAÍN ENTRALGO y estudio crítico de José A. GARCÍA-DIEGO, Madrid, Fundación Juanelo Turriano, 1996.

VASARI, Giorgio: *Las vidas de los más excelentes arquitectos, pintores y escultores italianos desde Cimabúe a nuestros tiempos,* edición de Luciano BELLOSI y Aldo ROSSI, Madrid, Cátedra, 2002.

VIGNOLA, Iacome de: *Regla de los cinco ordenes de Architectura de Iacome de Vignola. Agora de nueuo traduzido de Toscano en Romance por Patricio Caxesi Florentino,* introducción de Alfonso RODRÍGUEZ GUTIÉRREZ DE CEBALLOS, Valencia, Albatros, 1985 [facsímil de la edición de Madrid, 1593].

VIGNOLA, Iacomo Barozzio da: *Regola delli cinque ordini d'architettura di M...* [ed. facsímil de la de Roma, (1562)], introducción de Pascual SELLÉS CANTOS, Valencia, Universidad Politécnica de Valencia, 2002.

VITRUVVIO POLLION, M[arco]: *De Architectvra, dividido en diez libros, traduzidos de Latin en Castellano por Miguel de Vrrea, Architecto...,* introducción de Luis MOYA, Valencia, Albatros, 1978 [facsímil de la edición de Alcalá de Henares, Iuan Gracian, 1582].

VITRUVIO, Marco: *Los diez libros de Arquitectura,* traducción de José L. OLIVER DOMINGO e introducción de Delfín RODRÍGUEZ RUIZ, Madrid, Alianza, 1995.

VITRUVIO POLION, Marco: *Los X libros de arquitectura de..., según la traducción castellana de Lázaro de Velasco,* estudio y transcripción de textos de Francisco J. PIZARRO GÓMEZ y Pilar MOGOLLÓN CANO-CORTÉS, Cáceres, Cicon ed., 1999 [con edición facsímil del manuscrito].

II. *Estudios*

ALVAR EZQUERRA, Alfredo, y Fernando J. BOUZA ÁLVAREZ: «La librería de don Pedro Juan de Lastanosa en Madrid (1576)», *Archivo de Filología Aragonesa,* XXXII-XXXIII, (Zaragoza), [1983], pp. 101-175.

ÁLVAREZ CLAVIJO, M.ª Teresa, y Ana J. MATEOS GIL: «La biblioteca Miguel Climente Gurrea, protonotario de la Corona de Aragón», *Boletín del Museo e Instituto «Camón Aznar»,* LXV (Zaragoza), 1996, pp. 99-130.

ÁLVAREZ MÁRQUEZ, Carmen: «La traducción de Vitruvio y otras cuestiones», en Hernán RUIZ II, 1998, pp. 83-95.

BALAGUER SÁNCHEZ, Federico: «Traza para un retablo de Nuestra Señora del Rosario», en Carmen MORTE GARCÍA [comisaria], *Signos. Arte y Cultura en Huesca. De Forment a Lastanosa. Siglos XVI-XVII,* Huesca, Diputación Provincial de Huesca, 1996, pp. 232-233.

— y M.ª José PALLARÉS FERRER: «Retablos de Juan de Palomines (1506) y Juan Miguel Orliens (1598) en Santo Domingo de Huesca», *Argensola,* 107 (Huesca), 1993, pp. 175-188.

BONELLI, Renato : «Lettera a Leone X», en *Scriti Rinascimentali di Architettura,* Milán, Il Polifilo, 1978, pp. 459-484.

Bruñén Ibáñez, Ana I., y Jesús Criado Mainar: «La capilla de Santiago del obispo Diego de Monreal en la parroquia de San Pablo de Zaragoza. 1601-1607», *Boletín del Museo e Instituto «Camón Aznar»,* LXXXIII (Zaragoza), 2001, pp. 35-74.

Burckhardt, Jacob: *La cultura del Renacimiento en Italia. Un ensayo,* Madrid, Akal, 1992.

Bury, John B.: «The Stylistic Term *Plateresque*», *Journal of the Warburg and Courtauld Institutes,* XXIX (Londres), 1976, pp. 199-230.

Bustamante García, Agustín: «Damián Forment y la escultura del Renacimiento en Huesca», en Carmen Morte García, *Signos...*, 1994 (II), pp. 54-65.

— «Las trazas de la biblioteca del Palacio Real de Madrid. Felipe II y sus arquitectos», *Las trazas de Juan de Herrera y sus seguidores,* Madrid, Patrimonio Nacional y Fundación Marcelino Botín, 2001, pp. 287-336.

— y Fernando Marías: «El Escorial y la cultura arquitectónica de su tiempo», en Elena Santiago Páez [coordinadora], *El Escorial en la Biblioteca Nacional,* Madrid, Ministerio de Cultura, 1985 (I), pp. 115-219.

— «La révolution classique: de Vitruve à l'Escorial», *Revue de l'Art,* 70 (París), 1985 (II), pp. 29-40.

Camón Aznar, José: *La arquitectura plateresca,* Madrid, CSIC, 1945, 2 vols.

Carpo, Mario: *La arquitectura en la era de la imprenta,* Madrid, Cátedra, 2003.

Casaseca Casaseca, Antonio: *Rodrigo Gil de Hontañón. (Rascafría, 1500-Segovia, 1577),* Salamanca, Junta de Castilla y León, 1988.

Cervera Vera, Luis: «Libros del arquitecto Juan Bautista de Toledo», *La Ciudad de Dios* (El Escorial), CLXII, 1950, pp. 583-622, y CLXIII, 1951, pp. 161-188.

— *El códice de Vitruvio hasta sus primeras versiones impresas,* Madrid, Instituto de España, 1978.

— «El arquitecto humanista ideal concebido por Leon Battista Alberti», *Revista de Ideas Estéticas,* 146, XXXVII (Madrid), 1979, pp. 119-145.

Cloulas, Annie: «Origines et évolution du terme "Plateresco". À propos d'un article de J. B. Bury», *Mélanges de la Casa de Velázquez,* XVI (Madrid), 1980, pp. 151-161.

Criado Mainar, Jesús: *Las artes plásticas del Segundo Renacimiento en Aragón. Pintura y escultura, 1540-1580,* Tarazona, Centro de Estudios Turiasonenses e Institución «Fernando el Católico», 1996.

— «El templo de la Seo en la segunda mitad del siglo xvi (1555-1608)», en *La Seo de Zaragoza,* Zaragoza, Gobierno de Aragón, 1998, pp. 275-297.

— «El impacto del Concilio de Trento en el arte aragonés de la segunda mitad del siglo xvi y comienzos del xvii. Claves metodológicas para una primera aproximación al problema», en *Discurso religioso y Contrarreforma,* Zaragoza, Institución «Fernando el Católico» (en prensa).

CRIADO MAINAR, Jesús, y Javier IBÁÑEZ FERNÁNDEZ: «Francisco Santa Cruz (1526-1571), mazonero de aljez», *Artigrama,* 17 (Zaragoza), 2002, pp. 223-273.

CRUZ VALDOVINOS, José M.: «Miguel de Urrea, entallador de Alcalá y traductor del Vitruvio», *Anales del Instituto de Estudios Madrileños,* XVII (Madrid), 1980, pp. 67-72.

ECHEVERRÍA GOÑI, Pedro: *Policromía del Renacimiento en Navarra,* Pamplona, Gobierno de Navarra, 1990.

ESQUÍROZ MATILLA, María: «Relaciones artísticas (plateros, escultores, pintores, bordadores y arquitectos) en Huesca durante el siglo XVI», en *Actas del V Coloquio de Arte Aragonés,* Zaragoza, Diputación General de Aragón, 1989, pp. 527-548.

ETTLINGER, Leopold D.: «La aparición del arquitecto en Italia durante el siglo XV», en Spiro KOSTOF, *El arquitecto. Historia de una profesión,* Madrid, Cátedra, 1984, pp. 99-123.

FRAGO GRACIA, Juan A., y José A. GARCÍA-DIEGO: *Un autor aragonés para Los veintitún libros de los ingenios y de las máquinas,* Zaragoza, Diputación General de Aragón, 1988.

GALERA ANDREU, Pedro: *Andrés de Vandelvira,* Madrid, Akal, 2000.

GARCÍA MELERO, José E.: «Las ediciones españolas de *De architectura* de Vitruvio», *Fragmentos,* 8-9 (Madrid), 1986, pp. 102-131.

— *Literatura española sobre artes plásticas,* vol. 1, *Bibliografía aparecida entre los siglos XVI y XVIII,* Madrid, Ediciones Encuentro, 2002.

GARCÍA TAPIA, Nicolás: «Fuentes literarias de la Antigüedad clásica en *Los veintiún libros de los ingenios...,* con especial referencia a los *Libros de arquitectura* de Alberti», en *Los clasicismos en el arte español. Actas del X Congreso del C.E.H.A.,* Madrid, UNED, 1994, pp. 459-465.

— *Los veintiún libros de los ingenios y máquinas de Juanelo, atribuidos a Pedro Juan de Lastanosa,* Zaragoza, Gobierno de Aragón, 1997.

GENTIL BALDRICH, José M.ª: *Traza y modelo en el Renacimiento,* Sevilla, Instituto Universitario de Ciencias de la Construcción, 1998.

GÓMEZ MARTÍNEZ, Javier: *El gótico español de la Edad Moderna. Bóvedas de crucería,* Valladolid, Universidad de Valladolid, 1998.

GÓMEZ URDÁÑEZ, Carmen: «Jaime Fanegas y la declinación de la tradición mudéjar en la carpintería del siglo XVI. Notas biográficas», en *Actas del II Simposio Internacional de Mudejarismo,* Teruel, Instituto de Estudios Turolenses, 1982, pp. 241-245.

— «Artistas-ingenieros en Zaragoza en el siglo XVI», en *Actas del Congreso «Jerónimo Zurita. Su época y su escuela»,* Zaragoza, 1986, pp. 467-474.

GÓMEZ URDÁÑEZ, Carmen: *Arquitectura civil en Zaragoza en el siglo XVI,* Zaragoza, Ayuntamiento de Zaragoza, t. II, 1988.

— «Sobre la recepción del clasicismo en la Zaragoza del siglo XVI. El templete circular de la Cruz del Coso», en *Actas del V Coloquio...,* 1989, pp. 459-478.

— «Sobre el arquitecto vitruviano. De la Antigüedad al Renacimiento», en *Difusión del Arte Romano en Aragón,* Zaragoza, Institución «Fernando el Católico», 1996, pp. 265-296.

— «El Renacimiento y la arquitectura aragonesa: una recreación histórico-artística; una renovación historiográfica», en *Actes del I, II i III Col.loquis sobre art i cultura a l'època del Renaixement a la Corona d'Aragó,* Tortosa, Ajuntament y Arxiu Històric de les Terres de l'Ebre, 2000, pp. 16-24

GÓMEZ-MORENO, Manuel: *Las águilas del Renacimiento español. 1517-1558,* Bilbao, Xarait, 1983, 2.ª ed.

IBÁÑEZ FERNÁNDEZ, Javier: «Nexos de comunicación urbana en Zaragoza. Los puentes sobre el Ebro en el Quinientos, tratadística de ingeniería y práctica constructiva», *Artigrama,* 15 (Zaragoza), 2000, pp. 61-103.

— *Splendor Verolae. El monasterio de Veruela entre 1535 y 1560,* Tarazona, Centro de Estudios Turiasonenses, 2002.

— «Hacia una biografía de Miguel de Altué», en José L. PANO GRACIA y Javier IBÁÑEZ FERNÁNDEZ, *La iglesia parroquial de Leciñena,* Zaragoza, Ayuntamiento de Leciñena y Mira Editores, 2003, pp. 121-301.

— *Tradición y modernidad en la arquitectura aragonesa del Quinientos. Charles de Mendibe, Martín de Miteza y Pierres Vedel,* Tesis de Doctorado en curso de realización.

KRISTELLER, Paul O.: *El pensamiento renacentista y sus fuentes,* Madrid, Fondo de Cultura Económica, 1993.

MARÍAS, Fernando: «El problema del arquitecto en la España del sigo XVI», *Academia,* 48 (Madrid), 1979, pp. 173-216.

— «Juan Bautista Monegro, su biblioteca y *De Divina Proportione», Academia,* 53 (Madrid), 1981, pp. 89-117.

— *El largo siglo XVI. Los usos artísticos del Renacimiento español*, Madrid, Taurus, 1989.

— «El papel del arquitecto en la España del siglo XVI», en *Les chantiers de la Renaissance. Actes des colloques tenus à Tours en 1983-1984,* París, Picard, 1991, pp. 247-261.

— «La renovación arquitectónica en el Alto Aragón», en Carmen MORTE GARCÍA [comisaria], *Signos...,* 1994, pp. 66-75.

MARÍAS, Fernando: «I. Arquitectura y urbanismo. Rejería y orfebrería», en Víctor GARCÍA DE LA CONCHA [director], *La cultura del Renacimiento (1480-1580),* t. XXI de *Historia de España Menéndez Pidal,* Madrid, Espasa, 1999, pp. 363-397.

— «Diego de Sagredo, entre arquitectura y escritura», en Diego de SAGREDO, 2000, pp. 11-50.

MONTIJANO GARCÍA, Juan M.ª: *Giorgio Vasari y la formulación de un vocabulario artístico,* Málaga, Universidad de Málaga, 2002.

MORALES MARTÍNEZ, Alfredo J.: «Arte y ciencia en la Sevilla del siglo XVI. Los manuscritos del cosmógrafo Rodrigo Zamorano», en *Los clasicismos en el arte español...,* 1994, pp. 453-457.

— *Hernán Ruiz el Joven,* Madrid, Akal, 1996.

MOYA VALGAÑÓN, José G.: «Algunos ecos del arte de Fontainebleau en el Aragón del siglo XVI», en *Actas del III Coloquio de Arte Aragonés,* Huesca, Diputación Provincial de Huesca, vol. II, 1985, pp. 267-276.

NIETO, Víctor, Alfredo J. MORALES y Fernando CHECA: *Arquitectura del Renacimiento en España, 1488-1599,* Madrid, Cátedra, 1996, 3.ª ed.

ORTEGA VIDAL, Javier: «Una muestra del dibujo de la arquitectura en la España dorada», en *Las trazas de Juan de Herrera...,* 2001, pp. 337-415.

PALACIOS GONZALO, José C.: *Trazas y cortes de cantería en el Renacimiento español,* Madrid, Munilla-Lería, 2003, 2.ª ed.

PAWELS, Yves: «La fortune du *Sagredo Français* en France et en Flandres aux XVIe et XVIIe siècles», en Diego de SAGREDO, 2000, pp. 107-116.

PEREDA, Felipe: «Un tratado de elementos de arquitectura antigua: las *Medidas del Romano* de Diego de Sagredo», en Diego de SAGREDO, 2000, pp. 51-92.

RODRÍGUEZ GUTIÉRREZ DE CEBALLOS, Alfonso: «La librería del arquitecto Juan del Ribero Rada», *Academia,* 62 (Madrid), 1986, pp. 121-154.

— «La Academia de Matemáticas y Arquitectura fundada por Felipe II: orígenes y continuidad», en *El arte en las cortes de Carlos V y Felipe II. IX Jornadas de Arte,* Madrid, Instituto «Diego Velázquez» del CSIC, 1999, pp. 251-258.

RODRÍGUEZ RUIZ, Delfín: «Andrés de Vandelvira y después. Modelos periféricos en Andalucía: de Francesco Colonna a Du Cerceau», en Arsenio MORENO MENDOZA [director], *Úbeda en el siglo XVI,* Jaen, El Olivo, 2002, pp. 321-367.

SAN JOSÉ ALONSO, Jesús I.: *El dibujo arquitectónico. Apuntes sobre su desarrollo,* Valladolid, Universidad de Valladolid, 1997.

SAN VICENTE PINO, Ángel: *Lucidario de Bellas Artes en Zaragoza: 1545-1599,* Zaragoza, Real Sociedad Económica Aragonesa de Amigos del País, 1991.

— *Canteros y obras de cantería del Bajo Renacimiento en Zaragoza,* Zaragoza, Real Sociedad Económica Aragonesa de Amigos del País, 1994.

Sánchez Cantón, Francisco J.: *La librería de Juan de Herrera,* Madrid, CSIC, 1941.

Soler i Fabregat, Ramón: «Libros de arte en bibliotecas de artistas españoles (siglos xvi-xviii): aproximación y bibliografía», *Locus Amoenus,* 1 (Barcelona), 1995, pp. 145-164.

Tarifa Castilla, M.ª Josefa: *La arquitectura religiosa del siglo xvi en la Merindad de Tudela (Navarra),* Tesis de Doctorado inédita, defendida en la Universidad de Navarra en marzo de 2003.

Thoenes, Christof: «La teoría del dibujo de arquitectura en los tratados italianos del Renacimiento», en *Actas del Simposio Juan de Herrera y su influencia,* Santander, Fundación Obra Pía Juan de Herrera y Universidad de Cantabria, 1993, pp. 379-391.

Vélez Chaurri, José J., y Pedro Echeverría Goñi: «Contrarreforma y Manierismo en Briviesca. Don Juan de Muñatones y el retablo de Santa Casilda», en *El Mediterráneo y el Arte Español. Actas del XI Congreso del C.E.H.A.,* Valencia, Ministerio de Educación y Cultura, 1998, pp. 130-133.

7

El lenguaje gráfico: inflexión y pervivencias

Manuel Silva Suárez
Universidad de Zaragoza

La técnica necesita de lenguajes artificiales (verbal, gráfico y matemático) para transmitir y operar sobre realidades o concepciones. Palabras, dibujos y cálculos (técnicos y económicos) forman un todo en el proyecto. La imágenes transmiten información de una naturaleza difícil de trasladar verbalmente. Por su importancia y «universal» legibilidad, el dibujo es la *lingua franca* de ingenieros, arquitectos y cartógrafos, entre otros «oficios matemáticos». El dibujo de los técnicos se emparenta con la geometría: en el Renacimiento, euclidiana y esférica; posteriormente, con la proyectiva y la descriptiva.

Sobre la base de las técnicas de representación gráfica bajo medievales, los recursos conceptuales del dibujo sufren un notable impulso en el Renacimiento, mejorándose significativamente la capacidad de representación. Como corolario, se potencia la diferenciación entre las tareas de diseño y las propiamente constructivas, tanto en el ámbito arquitectónico como en el de ingeniería. Por otro lado, el dominio de las técnicas para trazar cartas marca una separación neta entre los cosmógrafos-cartógrafos y los pilotos, a veces denominados «rudos marineros». Valga como reflexión aplicable a la ingeniería, la arquitectura y la cartografía, que la aludida diferenciación no estuvo exenta de tensiones entre los que simplemente se empeñaban en prolongar una técnica empírica y rutinaria, y quienes la enfocaban desde unos presupuestos conceptuales más abstractos.

El objetivo básico de este capítulo es explorar la disponibilidad de técnicas para la representación gráfica de realidades tridimensionales, constatando la acumulación de recursos utilizados. No se ha considerado razonable ignorar completamente las representaciones mediante maquetas escultóricas, ya que con frecuencia el diseño de los ingenieros y arquitectos renacentistas se basaba tanto en el dibujo como en la construcción de modelos a escala. Las maquetas siempre han gozado de aprecio para transmitir ideas o situaciones a personas con menor capacidad inter-

pretativa de mapas y planos (representantes del poder político o económico), transformándose a veces en objetos simbólicos (por ejemplo, de demostración del poder «poseyendo» maquetas de ciudades) e incluso votivos (símbolo de donaciones).

La exposición se estructura según tres ejes esenciales: el dibujo cartográfico, el de las edificaciones y el de las máquinas. También se apuntarán las vistas corográficas urbanas, entendiendo que, a diferencia de los paisajes, donde predomina la creatividad del artista y el impacto estético, en las vistas es importante la «exactitud» de los representado, la ausencia de fantasías, que el dibujo sea un «retrato».

El siglo XVI marca la transición hacia una nueva cartografía, menos imaginativa y más científica, quedando la expresión formal del relieve como asignatura pendiente. A lo largo del *Quatroccento* se formalizan los conceptos de la perspectiva lineal, para dotar de impresión tridimensional tanto a las vistas corográficas como a dibujos arquitectónicos y de máquinas. Sin embargo, el empleo de la perspectiva no constituye la contribución más importante para el proyecto arquitectónico, donde la sistematización en el uso de tríadas de proyecciones ortogonales a escala (o con acotaciones), secciones, «vistas fantasmas» o transparencias (en las que, en vez de cortar el objeto, se asume que su envoltura es transparente) suponen un cambio esencial. Las máquinas se representarán en la mayoría de casos mediante un único dibujo de conjunto, llegándose a complementar perspectivas, secciones y «vistas fantasmas» con despieces, vistas «estalladas» y, en menor medida, con proyecciones ortogonales, muy raramente con esquematizaciones geométricas de elementos. En muchos casos aparecerán acotaciones someras en los planos, rara vez sistemáticas.

Los ingenieros militares no pudieron siempre asumir una correcta interpretación de planos «abstractos» por sus superiores. Por ello, a pesar de que con frecuencia los dibujos eran presentados personalmente o por medio de un colaborador, era usual potenciar la legibilidad mediante: (1) el empleo combinado de diversos sistemas de representación; (2) la integración de vistas y detalles diversos en un mismo dibujo (normalmente, a distintas escalas); (3) la coloración con acuarelas, buscando una más fácil percepción de la realidad o transmitiendo información codificada (lo que había que preservar, demoler o construir *ex novo*); (4) la utilización de recortables o solapas que superponían dibujos con secciones a distintos niveles o con las variantes constructivas propuestas, a veces como economía para no repetir un plano; (5) la difuminación selectiva de lo menos relevante; (6) el empleo de reclamos a textos o su inserción *in extenso* en el propio plano. En apoyatura a esa «legibilidad» de lo informado o propuesto, con frecuencia los dibujos se acompañaban de modelos en madera, yeso o barro.

En el ámbito de la expresión gráfica, el Renacimiento sienta unas nuevas bases de las que hoy en día aún se es directamente tributario.

I

La representación gráfica: alcance y consecuencias

Para trazar una visión panorámica de la expresión gráfica en la técnica renacentista, se han de identificar los dominios predominantes de uso, *en qué*, sus finalidades básicas, *para qué* y sus destinatarios, *para quién*. Conocido el ámbito de actuación, se hará especial énfasis en los *sistemas de representación* empleados; ocasionalmente se mencionarán algunas *variables gráficas* o el recurso a lenguajes no estrictamente gráficos.

Los dibujos de Tiburzio Spannocchi en la *Descripción de las marinas de todo el Reino de Sicilia* (h. 1578-1596)[1] (figs. 1.8 y 4.9) muestran que entre las funciones de los ingenieros militares se encontraba el «retrato» informado, fidedigno y minimalista (sin decoraciones, ni elementos superfluos) del territorio. Se pretendía garantizar su conocimiento, organizarlo y controlarlo, evidenciándose el empleo de diversos niveles de descripción, desde el levantamiento geográfico, pasando por vistas corográficas, hasta el meramente arquitectónico. Análoga reflexión se deriva, por ejemplo, al contemplar la descripción de las Canarias por Leonardo Turriano[2].

A los afanes descriptivos anteriores se han de sumar los que cosmógrafos, cartógrafos y navegantes desarrollaron para cartografiar los mares con sus costas. La preocupación por describir territorios por parte de ingenieros y otros «oficios matemáticos» conexos abarcó tanto el nivel geográfico como el corográfico, distinción con raíz en Claudio Ptolomeo (h. 100-h. 170), para quien la geografía era «representación gráfica de todo el mundo conocido junto con los fenómenos contenidos en él», mientras que la corografía había de ocuparse de «describir los menores detalles de los lugares». En realidad, tras esta distinción se ocultaba una geografía matematizada cuya ambición era representar de la forma más precisa posible partes significativas de la superficie terrestre (para lo que había de tener en cuenta las coordenadas geográficas y el sistema de proyección), mientras que la corografía, más local, más ocupada por las particularidades y apariencias tangibles, en lo gráfico requería un dibujante que plasmase imágenes perceptibles[3]. Pedro Apiano explicita, en su *Libro de Cosmografía* (1548):

> Chorographía es la misma cosa que topographía, la qual se puede decir traza de lugar, describe y considera particulares lugares por sí aparte, sin consideración ni

[1] T. Spannocchi: *Marine del Regno di Sicilia*, Ordine degli architetti della provincia di Catania (A cura di Rosario Trovato), 1993. Edición facsímil no venal.

[2] F. J. Martín Rodríguez (1986).

[3] Las corografías no solo se describen mediante dibujos. Existen numerosos textos puros con prolijas descripciones corográficas. Por ejemplo, la impresa de Rodrigo Caro, como libro III de su *Antigüedades, y Principado de la Ilustríssima Ciudad de Sevilla y Chorographía de su Convento Iurídico, o Antigua Chancellería* (Sevilla, Andrés Grande, 1634, fols. 87r-220v).

> comparación de sí mismos, ni dellos con otros. Empero con gran diligencia considera todas las particularidades y propiedades, por mínimas que sean que en los tales lugares se hallan dignas de notar [...]. El fin de la chorographía es pintar un lugar particular.

Valga como apunte que en el Renacimiento no se encuentra separada como tal la cartografía de la geografía, por lo que, para nuestros propósitos, geógrafo y cartógrafo serán sinónimos.

Las referencias anteriores evocan la realización de mapas (cartografía), de vistas (de territorios, urbes, instalaciones) y de dibujos arquitectónicos (todo tipo de obras constructivas), habiéndose de completar con un bloque sobre dibujos de instrumentos, herramientas, máquinas y procesos industriales. A lo anterior se ha de añadir el dibujo puramente geométrico, aunque no será objeto de atención en este apretado panorama.

El dibujo «técnico», denominación que se usa por oposición al «artístico», pretende representar fidedignamente «realidades» tridimensionales. Estas puede *existir* físicamente o estar simplemente *imaginadas*, ser fruto de un acto de creación mental, caso en el que el dibujo es eslabón intermedio entre la idea y su materialización. Los dibujos sirven también como instrumento y soporte de reflexión (experimentos en papel), eventualmente en imbricados procesos de *análisis* y de *síntesis*. La representación de realidades se puede llevar a cabo en un espectro delimitado por las *vistas* documentales, donde prevalece una impresión de conjunto, y los *levantamientos* detallados, en los que sobresale la definición rigurosa del objeto, sea un terreno o edificio. En la representación imaginada caben los *proyectos* (de intervención territorial, arquitectónicos, mecánicos), que pueden tener valor contractual (definición de lo que se quiere hacer), además de la propuesta de *modelos tipo* (sugerencias de máquinas o edificios, por ejemplo, que no tienen por qué existir). A este marco de representación pertenece la *ilustración* técnica, más allá de lo que hoy se reconoce como dibujo técnico, pero excluye la representación de objetos tridimensionales mediante elementos también tridimensionales: los *modelos* o *maquetas*, que serán objeto de una breve consideración en el epílogo de este trabajo. La representación mediante dibujos o maquetas se situó en la disputa por la primacía de las artes que enfrentó a pintores y escultores.

Los destinatarios condicionan los dibujos. Entre estos se hallan los *clientes*, donde se encuadran los mecenas y las administraciones, que son quienes han de aprobar lo propuesto. También son destinatarios, de normalmente otro tipo de dibujos, los maestros de obras y artesanos que han de llevar el proyecto a cabo. Entre estas dos categorías se podrían considerar los humanistas, con frecuencia intelectuales con capacidad de influir en las tomas de decisión. La figura de los técnicos se sitúa, así, en un lugar intermedio entre clientes y operarios. Obviamente la calidad técnica y ornamental de los dibujos, sobretodo de las ilustraciones, dependerá de los patrocinadores. Por último, los dibujos pueden tener grados de acabado muy diferentes, no solo según el destinatario, sino también según las circunstancias. Un

croquis o un boceto pueden tener como destinatario al propio autor para su archivo o a un mecenas o autoridad, en fases preliminares de elaboración o en circunstancias de urgencia.

La consideración de las variables anteriores se escapa del análisis que aquí se pretende realizar. Nuestra atención se centrará en el sistema de representación empleado (es decir, en los *sistemas de proyección geométrica*, que permiten la definición del «esqueleto» o «armazón» del dibujo), sin olvidar por completo las variables gráficas (líneas, figuras, luces y sombras, texturas, colores), a veces de gran importancia a la hora de transmitir con eficacia la idea representada, así como la inclusión de lenguajes no estrictamente gráficos (rótulos y leyendas, escalas, pitipiés o troncos de leguas). Los primeros aumentan el realismo de la representación, mientras que los otros ayudan a su comprensión funcional o a la percepción de sus dimensiones. El sistema de representación, junto con las variables gráficas y las acotaciones numérico-textuales definen un *estilo gráfico*, que en parte puede estar determinado por el uso (no es lo mismo trazar un proyecto que una vista documental) o el destinatario del mismo. Por ejemplo, Juan de Herrera emplea preponderantemente el sistema de proyección ortogonal, con secciones y precisión dimensional (a veces solo parcialmente acotado), pero no suele hacer uso de texturas y sombras, perspectivas o color. Sin embargo, los ingenieros de fortificación recurren con frecuencia a proyecciones oblicuas militares (en las que se respetan la planta y el plano de tejados, quedando los edificios escorzados, pero dentro de una imagen global coherente) y al color, en tanto que código para las intervenciones.

El dominio de las técnicas de representación gráfica será decisivo en la segregación de las tareas de diseño y ejecución, lo que implica una diferenciación de categorías socio-profesionales donde los ingenieros, arquitectos o cartógrafos, por ejemplo, emergen o se consolidan como profesionales de artes liberales.

II

Pintando mares y territorios: la cartografía

El propósito de esta sección no es historiar la cartografía española[4], sino reseñar la incorporación de algunos recursos para la representación plana de realidades en la superficie terrestre. El primer problema geométrico, desarrollar en un plano la superficie del planeta, «es imposible», habiéndose de convivir con la imperfección esencial de las representaciones cartográficas. En línea con la herencia helénica,

[4] Véanse, entre las referencias reflejadas en la bibliografía final: VV. AA. (1982); R. Cerezo Martínez (1994); A. Hernando (1995); R. L. Kagan (1998); C. Liter, F. Sanchís y A. Herrero (1992); L. Martín Merás (1993); B. E. Mundy (1996); J. Rey Pastor y E. García Camarero (1960); F. Romero y R. Benavides (1994); N.J.W. Trower (2002); D. Wigall (2000).

intelectuales con formación matemática propondrán proyecciones con diferentes características, según el uso del mapa.

En el Renacimiento, la cartografía náutica era preocupación fundamental. De hecho se suele afirmar que la moderna cartografía «floreció primero en el mar», lo que se fundamenta en la tradición de los portulanos, así como en el impulso que supuso la aventura de los grandes descubrimientos geográficos. Pero durante el siglo XVI los cartógrafos se interesan también por realidades más próximas, sus propios países en particular, lo que lleva al desarrollo de la geografía regional: la corografía o topografía. La necesidad de los poderes públicos de conocer sus propios territorios y la natural curiosidad de los intelectuales fueron decisivos al respecto.

Para ello, la cartografía habrá de tener en cuenta la tercera dimensión y considerar la orografía, lo que un par de siglos después dará lugar a las líneas de máxima pendiente o a las curvas de nivel, por ejemplo (también se representarán las profundidades de los fondos marinos, lo que llevará en el siglo XVIII a las isóbatas o curvas batimétricas). Problema difícil, incluso asumido que se dispone de los datos para representar el relieve, su expresión plástica crea problemas que distan de tener solución única aún hoy en día.

Más que la calidad geográfica de lo representado, o los valores estéticos del mapa[5], serán objeto de atención primordial las proyecciones cartográficas, que llevan la trama reticular de paralelos y meridianos a un plano, y la representación del relieve. Cabe reseñar que si bien la astrología-astronomía estaba encuadrada entre las artes liberales del *Quadrivium*, la geografía-cartografía (que no se distinguían) no era considerada como arte liberal en el medioevo.

II.1. *Sobre proyecciones cartográficas: la herencia helenística*

En el legado geográfico helenístico, cuyo apogeo y epítome representa Claudio Ptolomeo, se encuentran ideas tan básicas como:

1. La Tierra es una «esfera».
2. La localización de un lugar se puede establecer a partir de coordenadas absolutas mediante una retícula definida por latitudes y longitudes (coordenadas geográficas), calculables gracias a determinaciones astronómicas.
3. La representación plana de la superficie de la Tierra solo se puede aproximar mediante proyecciones geométricas diversas, según el uso del mapa.

A ello hay que añadir la mencionada distinción de dos niveles de descripción: una global, geográfica (matematizada, científica), y otra local, corográfica (mas bien pictórica).

Un sistema de proyección cartográfica establece una correspondencia matemática entre las coordenadas geográficas y su representación en un plano, en el mapa.

[5] Dual como otras muchas disciplinas, la cartografía es arte y ciencia. Una discusión al respecto: J. B. KRYGLIER: «Cartography as an art and a Science?», *Cartographic Journal*, vol. 32(6), pp. 3-10, 1995.

Las proyecciones *conformes* mantienen los ángulos, siendo muy útiles si se pretende navegar con rumbo constante. En una proyección *equivalente* las áreas en el mapa son proporcionales a las existentes. Existen proyecciones en las que no se busca preservar matemáticamente ninguna propiedad específica, sino un cierto compromiso.

Básicamente, las proyecciones cartográficas elementales se pueden agrupar según se traslade la información de la superficie del planeta sobre un plano, un cono o un cilindro. Si se trata de un plano, la familia de proyección se denomina *acimutal*, pudiendo proyectarse los contornos visual o geométricamente desde el centro de la esfera, proyección *gnomónica* (atribuida a Tales, s. V a. C.), desde el extremo esférico diametralmente opuesto al punto de tangencia o centro de la intersección, proyección *estereográfica,* o desde el infinito en la dirección ortogonal al plano, proyección *ortográfica* (atribuidas a Hiparco, s. II a. C.). En las proyecciones acimutales, toda recta trazada desde el centro de lo proyectado hacia el exterior es la imagen de un círculo máximo.

En la proyección *gnomónica* los círculos máximos, líneas *ortodrómicas* en la esfera, se proyectan como rectas. La *estereográfica* es una proyección conforme y la *ortográfica* se emplea con frecuencia para representar hemisferios, pero no es ni conforme ni ortodrómica.

Una forma de incrementar las superficies representables acotando algo las deformaciones consiste en proyectar sobre un cilindro o un cono, que después se desarrollarán en un plano; las nuevas familias se denominan *cilíndrica* y *cónica* (una de las proyecciones de Ptolomeo es pseudo-cónica, «en abanico»). En una proyección cilíndrica, el círculo máximo que la define suele ser el Ecuador o un meridiano (en cuyo caso la proyección se denomina *transversa*); el desarrollo es un rectángulo reticulado, no necesariamente uniforme.

Las proyecciones mencionadas son *perspectivas*, ya que se obtienen por irradiación de líneas desde un punto (de vista) aunque, eventualmente, se encuentre en el infinito. Constituyen un reducidísimo número de las matemáticamente posibles. Por ejemplo, entre las proyecciones cilíndricas, no es perspectiva la *carta cuadrada* o *plana*, introducida por Marino de Tiro (s. I a. C.) y empleada profusamente por la escuela cartográfica sevillana: el mapa se organiza a partir de un retículo cartesiano de paralelos y meridianos con espaciado constante. Si para reducir deformaciones los «cilindros» no se hacen rectangulares, sino que se curvan hacia los polos, la familia de proyecciones se denomina *pseudo-cilíndrica*.

II.2. *Cartografía marítima: portulanos, cartas planas y cartas esféricas*

La herencia cartográfica medieval se resume en tres líneas disjuntas: (1) mapamundis circulares o «de T en O» (apelación empleada por San Isidoro de Sevilla, h. 560-636, en sus *Etimologías*) de motivación eclesiástica[6]; (2) la transmisión erudi-

[6] Entre lo más significado de la producción española altomedieval se encuentra cerca de una quincena en diversos *Beatos* (los «mapas» de los *Beatos* de Burgo de Osma, Girona, San Andrés del

ta del acervo científico helenístico, resumido en la *Geografía* de Ptolomeo[7]; y (3) los portulanos, de tradición técnica. Denominación derivada del latín *portus*, son cartas de marear mediterráneas, de las que surgirán otras *náutico-geográficas*[8] al añadirse información (física, biológica, etnográfica, política) sobre los territorios. En continuidad con los portulanos, náuticos y náutico-geográficos, comenzará la construcción de la cartografía atlántica en la Casa de la Contratación, en Sevilla.

En el capítulo «De la composición de la carta de marear», Martín Cortés introduce la necesidad de pintar mares y costas, al tiempo que delinea el estado del arte a mediados del siglo XVI:

> Navegar no es otra cosa sino caminar sobre las aguas de un lugar a otro [...]. Siendo este camino tan dificultoso, sería difícil darlo a entender con palabras o escribirlo con la pluma.
> La mejor explicación que para esto han hallado los ingenios de los hombres es darlo pintado en una carta [...] para la fábrica de la cual se presupone saber dos cosas. La una es la posición de los lugares y la otra la distancia que hay de unos lugares a otros. Y así la carta tendrá dos descripciones: la una que corresponde a la posición, será de los vientos a que los marineros llaman rumbos y la otra que corresponde a las distancias, será la pintura de las costas de la tierra y de las islas cercadas de mar[9].

Posteriormente, tras explicar cómo trazar cartas, Cortés incorpora las «alturas» (latitudes) y, sin explicitarlo, cierra cuadrículas hasta obtener cartas «planas». Pero termina reconociendo que «no usan ni saben usar los pilotos y marineros de otras cartas sino de estas planas (como tengo dicho) las cuales, por no ser globosas, son imperfectas». A continuación denuncia que una corrección a realizar consiste en reducir el arco de paralelo en función de la latitud («las meridianas se van restringiendo y angostando»), aunque no propone realizar cartas con esa «corrección», quizás porque los pilotos no la aceptarían, dada su inadecuación para navegar. En resumen, Cortés parte del conocimiento de los portulanos, introduce las cartas planas, representación de origen helénico de amplio uso en el Renacimiento, y se lamenta de su inadecuación. La solución a la realización de cartas conformes, aptas para la navegación, como a otros problemas cartográficos, vendrá de la mano del flamenco Gerardus Mercator, nombre latinizado de Gerhard Kremer (Rupelmonde, 1512 – Duisburgo, 1594), discípulo de Gemma Frisius en la Universidad de Lovaina.

Portulanos: «la cartografía floreció en el mar»

La motivación de los portulanos, cartas *arrumbadas* o de *compás*, era ayudar a la navegación por el *Mare Nostrum* romano. En sus orígenes eran, como los peri-

Arroyo, Manchester y Turín se encuentran reproducidos en J. YARZA LUACES: *Beato de Liébana, Manuscritos Iluminados,* Moleiro Editor, Barcelona, 1998).

7 Parcialmente preservada y acrecentada por los geógrafos islámicos, su representante musulmán más importante es Al-Idrisi (Ceuta, 1100 – Palermo, h. 1165), formado en Córdoba.

8 Denominación introducida por J. REY PASTOR y E. GARCÍÁ CAMARERO (1960), pp. 23-33.

9 Martín CORTÉS: *Breve Compendio de la Sphera y de la Arte de Navegar*, Sevilla, 1551, fols. LXIV-LXII.

plos griegos, libros de notas de los navegantes en los que se describían trayectos e incidencias entre los puertos del Mediterráneo. La aparición de la brújula en el siglo XII permitió cuantificar los arrumbamientos y demoras, y dar cierta consistencia a masas de datos expresados textualmente o en croquis parciales de costas. En fecha imprecisa, quizás hacia la primera mitad del XIII, la ingente información dispersa comenzó a integrarse y se fue llegando a una representación gráfica canónica, de donde pudieran derivar las «cartas portulanas», luego simplemente portulanos o «cartas de compás». El más antiguo portulano conservado es la denominada *Carta Pisana* (h. 1300), realizada en Génova. De una perfección técnica destacable, es de suponer que las primeras cartas de la cuenca fueron trazadas con notoria anterioridad, aunque se sabe que en Oriente se emplearon mapas con análoga técnica constructiva antes que en Europa. Las dos escuelas europeas más importantes en la producción de portulanos son la italiana (Génova, Pisa y Venecia) y la catalano-mallorquina. De esta última se conocen magníficos ejemplares, algunos tan tempranos y bellos como el realizado por Angelino Dulcert, h. 1339 (Biblioteca Nacional de París).

Los portulanos no emplean coordenadas geográficas, sino que están cubiertos por una urdimbre de líneas-rumbos con origen en unos puntos centrales denominados «ombligos» o «rosas de los vientos». En esencia, un portulano se traza a partir de rumbos definidos por brújulas y estimaciones de distancia[10], lo que asume una escala uniforme en todo el mapa. Por consiguiente, los portulanos contienen una inconsistencia conceptual, ya que orientaciones y distancias no se pueden preservar simultáneamente al pasar a un plano un amplio casquete esférico[11]. No obstante, diversas razones hicieron que tan empírica aproximación fuese aceptable en la práctica:

1. Debido a la pequeña variación de latitud (de 30 a 42°), los efectos de la curvatura planetaria no se hacen especialmente patentes, en la cuenca Mediterránea;
2. Los rumbos se medían con una precisión relativa: si la rosa de los vientos disponía de 32 rumbos, cada rumbo —unidad de cuenta— representaba 11,25°; y
3. Las estimaciones de distancia eran poco fiables.

[10] Realizadas simplemente «a ojo» por los navegantes.

[11] Una hipótesis sugerida en J. REY PASTOR y E. GARCÍA CAMARERO (1960) es que pudieran haberse hecho por triangulación: dados dos puntos básicos de posiciones conocidas, se visa un tercero en términos de los rumbos necesarios desde cada uno de los primeros y se resuelve el triángulo. El procedimiento se itera hasta cubrir triangulando todos los puntos considerados relevantes. De haber sido este el procedimiento empleado, las cartas de compás o portulanos serían conformes, construyéndose —aun sin saberse— una carta mercatoriana o loxodrómica. Como ventaja añadida, la carta así levantada no emplea las estimaciones de distancia, de precisión mucho menor que las medidas de rumbo, por lo que su calidad geométrica sería mayor. No obstante, no parece razonable admitir totalmente este procedimiento en la época, aunque es posible que en parte se utilizara. A comienzos del siglo XVI, Gemma Frisius propuso este método para realizar levantamientos cartográficos terrestres, donde las singularidades orográficas suelen ser más fáciles de visualizar.

Pese a lo comentado con respecto a las precisiones de medida, innumerables viajes, con sus éxitos y fracasos en las observaciones y los cálculos derivados, permitirían mejorar las estimaciones. En cualquier caso, tanto estas imprecisiones como las derivadas de la curvatura de la superficie terrestre, quizás desconocidas para los trazadores de los portulanos, obligarían a ser «flexibles» en las construcciones con el compás (es decir, a resolver «tolerantemente» las contradicciones geométricas). Así trazados, los portulanos no podrán ser útiles en superficies significativamente mayores, porque manifestarán inconsistencias geométricas difíciles de resolver, como ocurrirá cuando se pretenda integrar el Nuevo Mundo.

Sobre la génesis de los portulanos existen múltiples incógnitas, dado que la inmensa mayoría presenta trazados de costa muy similares, igualmente orientados, sin apreciable progreso en la representación de islas y costas a lo largo del tiempo, y una calidad geométrica notoriamente superior a la de las copias e impresiones de la *Geografía* de Ptolomeo[12]. Ello ha dado lugar a la teoría de que todos provienen de uno perdido, realizado por un genial «protocartógrafo» del siglo XIII. Por otro lado, la información sobre la geometría costera ha inducido a pensar que el trazado de los portulanos pudiera basarse en una *proyección cilíndrica oblicua conforme*. No obstante, muy probablemente el mencionado tipo de proyección es solo uno que *a posteriori* se ajusta razonablemente[13], lo que no significa que las cartas fueran trazadas con ella *in mente.* En cualquier caso, siendo la extensión de la cuenca mediterránea relativamente limitada, y dado que el rumbo es la información principalmente empleada (de donde los meridianos magnéticos son paralelos), las cartas deben «ser conformes». Por otro lado, la variación de latitud es relativamente pequeña (12°), frente a la de longitud (42°), por lo que una proyección cilíndrica exhibirá mejor ajuste que una acimutal. Finalmente, dada la estabilidad de la declinación magnética entre los siglos XIII y XVI, es natural que los portulanos estén orientados hacia un mismo norte magnético, que colocan en la parte superior. En resumen, es razonable que el sistema de proyección implícitamente empleado pueda admitirse como una prefiguración empírica y oblicua (debido a la declinación magnética) de la proyección cilíndrica conforme de Mercator.

Los portulanos representan esencialmente la costa, con toponimia escrita ortogonalmente, indicando las singularidades de interés náutico más importantes: puertos, fondeaderos, peligros como arrecifes o bajíos, etc. Los de la escuela mallorquina se distinguen por la calidad y riqueza de su ornamentación (banderas, castillos, templos, campamentos, barcos, reyes, animales exóticos) y su amplia leyenda.

12 G. MENÉNDEZ-PIDAL (2003), p. 129. En particular, los portulanos corrigen la gran distorsión este-oeste en los mapas copiados de la *Geografía* de Ptolomeo (que daban al Mediterráneo 63° de longitud, frente a los 42° otorgados por los portulanos, es decir con errores de +23° y -1°, respectivamente).

13 A. PALADINI CUADRADO (1993); R. CEREZO MARTÍNEZ (1994), pp. 36-40.

Hechos sobre pergamino, en realizaciones de lujo llegaron a alcanzar una gran belleza. Se podría dudar de que muchos de los conservados se realizaran para navegar, en vez de para agasajar a personalidades. Al margen de esto, la inequívoca dimensión práctica de los portulanos en la Corona de Aragón se puede observar en el mandato de Pedro IV el Ceremonioso (1359), que obligaba a que toda galera llevara al menos dos cartas de marear.

El conocido *Atlas Catalán,* que abarca desde el mar de la China al Atlántico, obra maestra de la escuela mallorquina, fue realizado por el judío Abraham Cresques en 1375 (69 × 390 cm, Biblioteca Nacional de París)[14]. Enviado por Juan I de Aragón a Carlos V de Francia, es quizás el mejor representante del tipo de portulanos náutico-geográficos, que desbordan el marco de las cartas de tipo náutico puro para introducir representaciones de territorios en su múltiple dimensión física, biológica, etnográfica y política. Todo ello sabiendo que suelen estar plagados de referencias simbólicas e incluso mítico-religiosas (como por ejemplo, los Tres Reyes Magos de Oriente en el mencionado Atlas).

Los orígenes de la cartografía marítima moderna: de cartas planas a esféricas

El siglo XVI marca la inflexión hacia una cartografía de una amplitud notoriamente superior a la precedente y matemáticamente fundada. Tres factores primordiales, de orden práctico, conceptual e instrumental, coadyuvan a su renovación, cuando hubo que «aprender a navegar por globo y saber por plano»: el impulso de los grandes descubrimientos geográficos por los reinos ibéricos, el redescubrimiento de la *Geografía* de Ptolomeo (que dará el marco teórico necesario) y el revulsivo que supuso la imprenta, permitiendo reproducciones a costes relativamente asequibles y anulando los riesgos de error por copia.

El desarrollo cartográfico renacentista tuvo dos focos principales: uno empírico-utilitario, heredero de la tradición de los portulanos, formado por las escuelas de Lisboa y Sevilla, y otro básicamente flamenco-holandés, heredero del conocimiento de la Antigüedad Clásica, que buscando la consistencia en las representaciones enfatizó el uso de los trazados según proyecciones geométricas. Los italianos, también muy activos, participaron de una u otra aproximación, según los casos.

En Sevilla y Lisboa, «arrastrados» por la dinámica de los descubrimientos, los avances fueron de corte aplicado. Esencialmente se incorporaron saberes geográficos en portulanos transformados en cartas planas o cuadras. Forzados por el día a día, en estos ambientes faltaron matemáticos y cosmo-cartógrafos más especulativos, aunque en escritos de personajes como Alonso de Santa Cruz o Martín Cortés, por ejemplo, se puedan atisbar reflexiones que podrían haber conducido al desarrollo de proyecciones más consistentes con el uso esperado. El segundo conjunto

[14] Reproducida en cuádruple folio en R. CEREZO MARTÍNEZ (1994), pp. 2 y 3.

de focos, al tiempo que realizó trabajos de carácter más conceptual, sentaba las bases para una industria próspera: la impresión de mapas y atlas.

La presencia de la tradición portulana en las escuelas ibéricas se puede rastrear con facilidad en sus orígenes. Por ejemplo, Jefuda Cresques, hijo del mencionado Abraham Cresques, convertido en 1391 al catolicismo con el nombre de Jaime Ribes, trabajó para Enrique el Navegante dirigiendo la Academia de Sagres. Por el lado de la escuela castellana, la primera carta náutica de América es el famosísimo mapa de Juan de la Cosa (fig. 7.1), realizado con la técnica de los portulanos.

La integración cartográfica de África y del Nuevo Continente, incluso de la Europa nórdica, hizo que el principal presupuesto «implícito» en los portulanos, una importante acotación en la variación de latitud, dejase de ser aceptable. La exploración costera africana, en sentido primordialmente meridianal, determinó la importancia adquirida por la consideración de la latitud en la segunda mitad del siglo XV. Por otro lado, dado que en la navegación tradicional se empleaban rumbos y distancias, en viajes largos las posiciones se calculaban sumando las estimas parciales, acumulándose los errores relativos de cada singladura. Por ello, el recurso a la latitud y la longitud tenía la ventaja de determinar la posición en coordenadas absolutas. Pronto la latitud se comenzó a medir mediante observaciones astronómicas (con astrolabios náuticos, ballestillas o cuadrantes). Sin embargo, el cálculo de la longitud «se resistió» hasta el siglo XVIII[15]. Al margen del importantísimo problema de posicionar un barco, la determinación de la longitud era geopolíticamente crucial, ya que los tratados de Tordesillas (1498) y de Zaragoza (1529) fijaban los meridianos divisorios entre España y Portugal (370 leguas al oeste de las islas de Cabo Verde, en el primer caso; 297,5 al este de las Molucas, en el segundo).

En resumen, durante el XVI los pilotos contaban básicamente con tres datos para calcular su posición: el rumbo, la distancia y la latitud, una redundancia que les permitía mejorar la estimación de sus coordenadas geográficas. Con ello se podía, conocida la posición anterior, determinar tres valores para la nueva: el punto de *escuadría*, basado en el rumbo y la latitud; el punto *de fantasía*, que se calculaba mediante el rumbo y la estima de la distancia recorrida; y el punto de *fantasía y altura*, a partir de la latitud y la estima de la distancia recorrida. Mediante reglas de integración de información, el piloto establecía la «mejor estima» de la nueva posición del barco.

Por ello, se añadieron rápidamente latitudes equidistantes a los «portulanos atlánticos», lo que introducía dos clases de errores: uno debido a la declinación magnética (lo que implica que paralelos geográficos y meridianos magnéticos no

[15] Cuando se pudo «transportar la hora», al disponerse de cronómetros lo bastante precisos y embarcables, ya que la diferencia de longitudes entre dos puntos se determina en función de la horaria, pasada a grados y minutos. La hora del punto actual se puede calcular observando la altura de un astro, mientras que el cronómetro guarda la del punto de origen.

sean ortogonales) y otro geométrico, ya que si se admite «una cierta conformidad empírica» para un portulano, el espaciamiento de los paralelos no puede ser uniforme. El mapa de Juan de la Cosa (fig. 7.1)[16] no está explícitamente graduado en latitud (ni en longitud), aunque dibuja el Ecuador y el Trópico de Cáncer, incluyendo también un meridiano sobre las Azores. Al parecer, la primera carta «portulana» conservada que superpone una graduación en latitud es portuguesa, de Pedro Reinel, h. 1503. El primer mapa impreso que dibuja lo conocido del Nuevo Mundo se debe a G. Contarini y fue publicado en Florencia en 1506. Graduado en latitud y longitud, emplea una proyección análoga a la primera de Ptolomeo, «en abanico».

Incorporada la latitud en las cartas atlánticas, posteriormente se introduce la longitud, también de forma equidistante, con lo que se recupera el primitivo sistema de representación empleado por Marino de Tiro en el siglo I a. C. No obstante, las denominadas *cartas planas o cuadras*, no eran apropiadas para la navegación, ya que no son conformes. A los problemas planteados por la adición de los paralelos se añadía el del equiespaciamiento de los grados de meridiano, independientemente de la latitud. En resumen, el problema de lectura en una carta se agravó dado que se superponían dos sistemas de representación mutuamente inconsistentes. Una mejora introducida por los cartógrafos de la Casa de la Contratación fue compensar la declinación magnética y orientar la carta hacia el norte geográfico, lo que puede verse, por ejemplo, en la carta denominada de Salviati (fig. 7.2) o la de Castiglione (atribuida a Diego Ribero, 1525). Las cartas con esta corrección son planas como las de Marino de Tiro, pero subsiste la incompatibilidad con la presencia de rumbos y troncos de leguas.

Alonso de Chaves, en su *Espejo de Navegantes* (manuscrito de 1536, pp. 110-114), añade a la carta plana una urdimbre de rumbos propia de los portulanos. Martín Cortés parte del trazado de rumbos y distancias, pero indica que «también es menester saber las alturas de polo de algunos cabos principales y puertos y de famosas ciudades», explicando cómo graduar en latitudes una carta en la que, como se ha dicho, erróneamente superpone un espaciamiento homogéneo de los paralelos, pero no explicita el trazado de los meridianos (fig. 14.6). Consciente del problema, habla de los «defectos de la carta pintada en plano»:

> cuanto se van alongando de la equinoccial para cualquiera de los polos las líneas meridianas, se van restringiendo y angostando de tal manera que si dos ciudades o puntos en la equinoccial distasen de longitud sesenta leguas y en los mismos meridianos a sesenta grados de la Equinoccial para cualquier de los polos estuvieren otras dos ciudades o puntos no distarían de longitud sino treinta leguas[17].

A Cortés le tortura la imperfección de lo que expone, pero no tiene solución que ofrecer y se autoexculpa poniendo como pretexto la predilección de los pilo-

[16] Para un estudio detallado, véase, por ejemplo, R. Cerezo Martínez (1994), pp. 89-118.

[17] M. Cortés (1551), fol. LXVIIv. En otros términos: el coseno de sesenta grados es 0,5.

7.1. Mapamundi de Juan de la Cosa *(183 × 96 cm, Puerto de Santa María, 1500), Museo Naval, Madrid. Representa la transición entre la cartografía mallorquina y la sevillana. Realizado sobre dos pergaminos, cada uno contiene un círculo director rodeado por un total de 16 nudos y en el centro una rosa (nudos y rosas de 32 vientos). Ilustrado a la manera de los portulanos, estilísticamente su decoración es típicamente mallorquina.*

7.2. Planisferio denominado de Salviati *(aprox. 2,66 × 0.97 m), nuncio papal en España, atribuido a Nuño García de Toreno (Sevilla, 1525). Muestra el Ecuador, así como los trópicos de Cáncer y Capricornio, y el meridiano de separación entre los territorios castellanos y portugueses. Dibuja la costa americana desde la península de Labrador hasta el estrecho de Magallanes. Con el Mar Rojo en su color, dibuja árboles, montañas animales y tiendas en los nuevos territorios. Copia sobre pergamino del Padrón Real. Biblioteca Laurenziana, Florencia.*

tos de la Carrera de Indias por este tipo de cartas. Lo cierto es que a pesar de la dureza con que se manifiesta Rey Pastor al criticar latitudes y longitudes «en mala hora superpuestas a los portulanos», lo «que detuvo durante un siglo el avance de la Náutica», a partir de las latitudes observadas y rumbos seguidos se calculaba el punto de escuadría, de modo que el pilotaje de las naves hispanas y portuguesas se hizo con eficiencia.

La solución al problema de la carta conforme para navegantes la aportará Gerardus Mercator en 1569, al publicar su mapamundi «para uso de los marineros». La idea consiste en extender progresivamente con la latitud la separación entre dos paralelos de forma que las líneas de rumbo constante, loxodrómicas, se representen como rectas[18]. La carta esférica o mercatoriana es una proyección cilíndrica normal (tangente y ecuatorial), generada matemáticamente, no por proyección perspectiva alguna. La conformidad buscada supone enormes magnificaciones en distancias y superficies a grandes latitudes, por lo que su interés para usos diferentes de la navegación es muy restringido[19]. Echar el punto en este tipo de cartas, cuando había de intervenir la estima de lo navegado o medir distancias, no resultaba fácil a los pilotos, por lo que tardaron en ser aceptadas[20]. A comienzos del siglo XVII, ingleses y flamencos hacían un uso más extendido de este tipo de cartas que los hispano-portugueses. En cualquier caso, en el XVIII todavía no estaba completamente generalizado su empleo.

En el primer tercio del XVI se pensaba que las loxodrómicas definían los caminos más cortos entre dos posiciones dadas o que, dicho de otro modo, describían círculos máximos. Pedro Nunes (1537) evidenció que una loxodrómica oblicua (de

[18] Mercator no publicó la demostración. Una primera explicación fue propuesta por E. WRIGHT en *Certaine Errors in Navigation Detected and Corrected* (Londres, 1599), que calculó numéricamente de forma aproximada una tabla con las separaciones de los paralelos. En términos actuales sus distancias relativas han de ser proporcionales a las diferencias de la integral de la secante de la latitud. No existiendo aún el cálculo diferencial, la ecuación no fue publicada hasta 1696, por el matemático y astrónomo Edmond Halley.

[19] Por ejemplo, Groenlandia aparece superficialmente magnificada unas cinco veces con respecto a la India (que por estar próxima al Ecuador se presenta poco alterada). La citada isla aparece incluso mayor que China. Pero los mapas son representaciones que admiten interpretaciones ideológicas, y las cartas mercatorianas han llegado a ser acusadas de eurocentrismo. ¡Pobre Mercator! En la proyección equivalente (preserva las importancias superficiales relativas) de James Gall (1885, también denominada de Peters), inversamente a la mercatoriana, los paralelos se aproximan con la latitud. Técnicamente es una proyección ortográfica sobre un cilindro secante a 45° N y 45° S de latitud.

[20] La distancia es la diferencia de latitudes transformada en leguas por la secante del rumbo, si era oblicuo. Si se navegaba por un paralelo, el coseno de la latitud por la diferencia de latitudes transformada en leguas en el Ecuador. Pero no se debe olvidar la formación real de los pilotos. Martín Cortés, en el prólogo de su *Breve Compendio* (1551), se lamenta de su ignorancia afirmando que «pocos o ninguno de los pilotos saben apenas leer y con dificultad quieren aprender y ser enseñados».

45°) es espiriforme sobre un polo[21], por lo que no pasa de un hemisferio al otro y, por consiguiente, no podía ser un círculo máximo. Ello planteaba la cuestión de la navegación ortodrómica (por círculos máximos), pero esta no quedó consolidada como un problema náutico. Por un lado, el beneficio no es espectacular[22] y, por otro, el manejo de cartas ortodrómicas no era útil para navegar, habida cuenta de que los ángulos medibles no tenían correspondencia con los rumbos. En una carta mercatoriana, contraviniendo la intuición, un camino de longitud mínima entre dos puntos no aparece como una recta, por ello la navegación ortodrómica se reduce a poli-loxodrómicas que la aproximen.

II.3. *De la geodesia a la planimetría*

Las representaciones para las cartas náuticas tenían la conformidad como desiderata técnica mayor, lo que supone deformaciones significativas de distancia y superficie a grandes latitudes. Por otro lado, un número importante de cartas náuticas incorporaba un alcance geográfico muy amplio, incluso a nivel de mapamundi, al tiempo que el carácter puramente náutico se abandonaba a veces para representar diversos hechos geográficos. Este nivel global de representación corresponde a lo que Ptolomeo consideraba nivel geográfico. Tras mirar hacia los nuevos mundos, e impulsados por intelectuales y poderes públicos, en el siglo XVI los geógrafos vuelven en parte sus miradas hacia entornos más próximos, dando lugar a una rica cartografía regional, corográfica[23].

Mapas corográficos

El concepto de región puede tener alcances superficiales muy diferentes, dando lugar a diferentes problemas gráficos de representación. Si la superficie es «pequeña», las deformaciones por pasar de la esfera al plano son poco relevantes, por lo que una proyección azimutal centrada en su territorio puede ser, normalmente, suficiente. Sin embargo, si la región es mayor, como la de un continente, y el objetivo no es tener una carta conforme, sino una que guarde la apariencia del territorio, será recomendable el empleo de otro sistema de proyección[24].

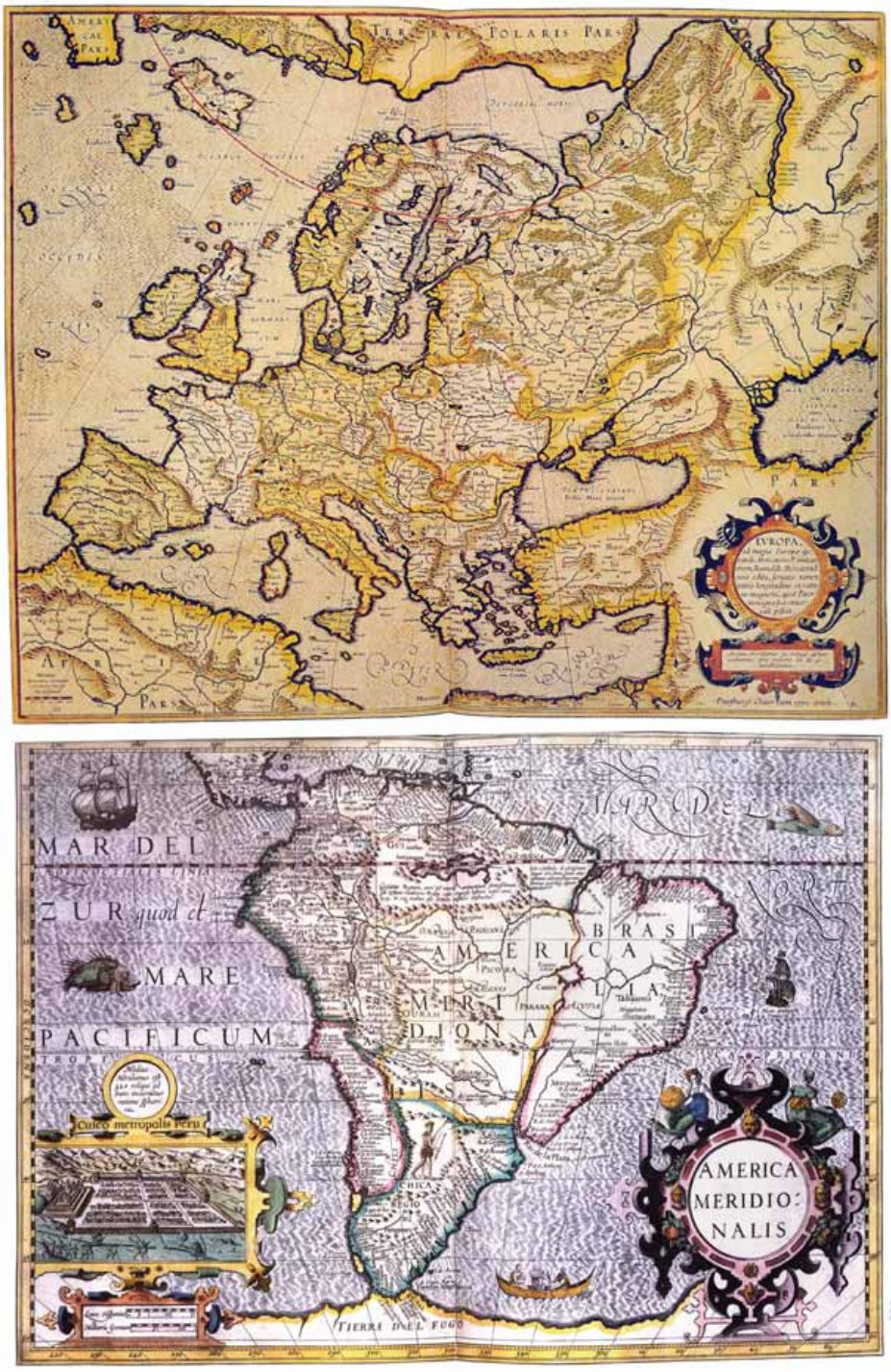
---

21 La loxodrómica de la esfera fue estudiada por Simon Stevin (1548-1620) en 1608.

22 La reducción de una navegación (aérea) ortodrómica frente a una loxodrómica se hace más sensible con un aumento de la diferencia de longitudes. Entre Barcelona y Chicago (ciudades a unos 42° de latitud y con unos 90° de diferencia de longitud) es, aproximadamente, de un 6%.

23 El influjo de la cartografía náutica sobre la terrestre se hace evidente, por ejemplo, en el curioso mapa terrestre arrumbado y carente de coordenadas geográficas del ingeniero militar Bautista Antonelli (1590): *Camino del Virrey*, de Veracruz a México (A.G.I., M. y P., México, 39).

24 Incluso si el tamaño no es tan importante, pero existe un significativo alargamiento en una dirección, y se desean mínimas deformaciones. De este modo, hoy en día es frecuente que mapas del Reino Unido empleen una cilíndrica transversa (U.T.M., Universal Transversa de Mercator o conforme de Gauss).



7.3. Dos proyecciones mercatorianas: *(1) Cónica con dos paralelos estándar: Gerard Mercator (1554),* Europa*, recogido en el Atlas de 1595; (2) Sinusoidal: Jerónimo de Chaves (1579):* America Meridionalis *(en el* Teatrum Orbis Terrarum *de Ortelius, 1580).*

El Renacimiento fue prolífico en la introducción de sistemas de proyección[25]. A Mercator se debe también el empleo de una proyección cónica con dos paralelos estándar, meridianos radiales y latitud equiespaciada, introducida con un mapa de Europa (1554) que en 1595 integraría su hijo en el *Atlas* (fig. 7.3.1). La distorsión, compromiso entre las exhibidas por las proyecciones cónicas conforme y equivalente, es relativamente reducida, constante en cada paralelo, nula en los estándar.

Por otro lado, diagnosticado tempranamente el problema de la disminución del grado de paralelo con la latitud, una proyección pseudo-cilíndrica frecuentemente utilizada por los cartógrafos fue la de mantener los paralelos rectilíneos y equidistantes, mientras que los meridianos se curvaban hacia el central que se mantenía recto, dándole al grado de paralelo su valor real. Más precisamente, si p es la longitud y q la latitud, al margen de la escala, las coordenadas (p, q) de las cartas planas se proyectan como $(p \cdot \cos (q), q)$. Obviamente no se trata de una proyección perspectiva, ni exhibe conformidad, aunque sí equivalencia, sabiendo que la deformación aumenta monótonamente con la longitud (al separarse del meridiano central. Denominada *sinusoidal* (fig. 7.3.2), también se la conoce como proyección «equivalente de Mercator». Abraham Ortelius (1527-1598), nombrado geógrafo real por Felipe II en 1575, utiliza este sistema de representación en su *Theatrum Orbis Terrarum* (1570)[26], el primer atlas moderno impreso[27].

Aunque el efecto global de la imprenta fue extraordinario, los elevados costes de elaboración de buenos mapas (xilografías o calcografías) determinaron la pervivencia de mapas «anticuados», ya que los impresores se resistían a realizar con frecuencia actualizaciones. En cierto modo, la imprenta se llegó a convertir en un medio «económico y libre de errores de copia» para difundir «informaciones superadas» por la vertiginosa dinámica de los descubrimientos. Obviamente, la observación anterior no empaña una actividad fantástica de difusión del conocimiento geográfico. Hasta mediados del XVI, dominan los centros de producción italianos, mientras que en su tercio final y durante el XVII el mercado se controla desde Flandes y Holanda[28].

La cartografía editada sobre España fue escasa, quizás porque la demanda de estos documentos también lo fue. Como afirma A. Hernando, «no deja de ser asom-

[25] Véase, por ejemplo: N.J.W. THROWER (2002); J.P. SNYNDER (1993).

[26] En 1573 publicó una segunda edición añadiendo diversos mapas, operación que se repitió hasta 1624, totalizándose cuarenta ediciones. En 1588 fue impreso en castellano. Sobre los mapas de España en el *Teatrum*, v. A. HERNANDO, 1998.

[27] Muerto Mercator, su hijo Rumold publica en 1595 el *Atlas*, colección de mapas con la que la denominación se consagra.

[28] De Rumold Mercator, las planchas pasaron a su cuñado Jodocus Hondius, que lo actualizaría como *Atlas Hondius-Mercator*. Con aportaciones sucesivas, las planchas pasarían a Joannes Janssonius. Análogamente, parte de las planchas de Ortelius, incluso del propio Hondius-Mercator, pasaron a los Blaeu, familia que en tres generaciones de impresores-cartógrafos montó un emporio que destruyó el fuego en 1672. Algunas de las planchas que sobrevivieron fueron usadas por otros impre-

brosa la indigencia de fondos cartográficos, conociendo el enorme esfuerzo que se derrochaba en confeccionar mapas de América y los admirables precedentes de fines de la Edad Media»[29]. Quizás el «mapa» más antiguo elaborado y publicado en España sea la xilografía que define la portada del *Libro de Grandezas y Cosas Memorables de España* (Sevilla, 1548)[30], de Pedro de Medina. Entre los trabajos que quedaron manuscritos cabe destacar el *Atlas del Escorial* (contiene un mapa de conjunto de la Península Ibérica, así como veinte hojas más de 40 × 55 cm), a escala 1:400.000, graduado en longitud y latitud. Ha sido atribuido a Pedro de Esquivel, a quien Felipe II encargó en 1566 realizar una descripción de España[31]. Esquivel empleó la triangulación geodésica, introducida por Frisius, así como instrumentos topográficos relativamente precisos.

Epítome de la cartografía renacentista puede considerarse el soberbio *Mapa General de Aragón* realizado por J. B. Lavaña (fig. 7.4) por encargo de la Diputación del Reino de Aragón (1610). Cosmógrafo, cartógrafo e ingeniero, en 1615 afirmaba tenerlo acabado, indicando «que era el más exacto que se había hecho, y el ornato de lo mejor, que restaba tratar de la estampa y que si se hubiese de hacer en Flandes se dilataría mucho». En carta a los diputados del Reino de Aragón (1616) asevera que se trata de

> la mejor i más exacta descripción que de ningún Reino ni Provincia se ha hecho, porque todas quantas hai se hazen por información i éssa se hizo por vista de ojos con instrumentos matemáticos usados de pocos.

Aprobado por los diputados del Reino, se graba en casa de Lavaña en Madrid por Diego de Astor, discípulo de El Greco en 1619[32]. En una pequeña cartela se precisa:

> Toda esta descripción se ha hecho con observaciones geométricas y astronómicas reconociendo con ellos el sitio de todos los lugares cuyas medidas son por el ayre.

Con frecuencia los mapas topográficos «retrataban» escenarios de valor estratégico, especificaban obras de fortificación o infraestructuras civiles. Es comprensible que muy a menudo, para ahorrar en la reproducción de planos o mapas, las alteraciones propuestas se plasmaran en trozos de papel que a modo de solapas o

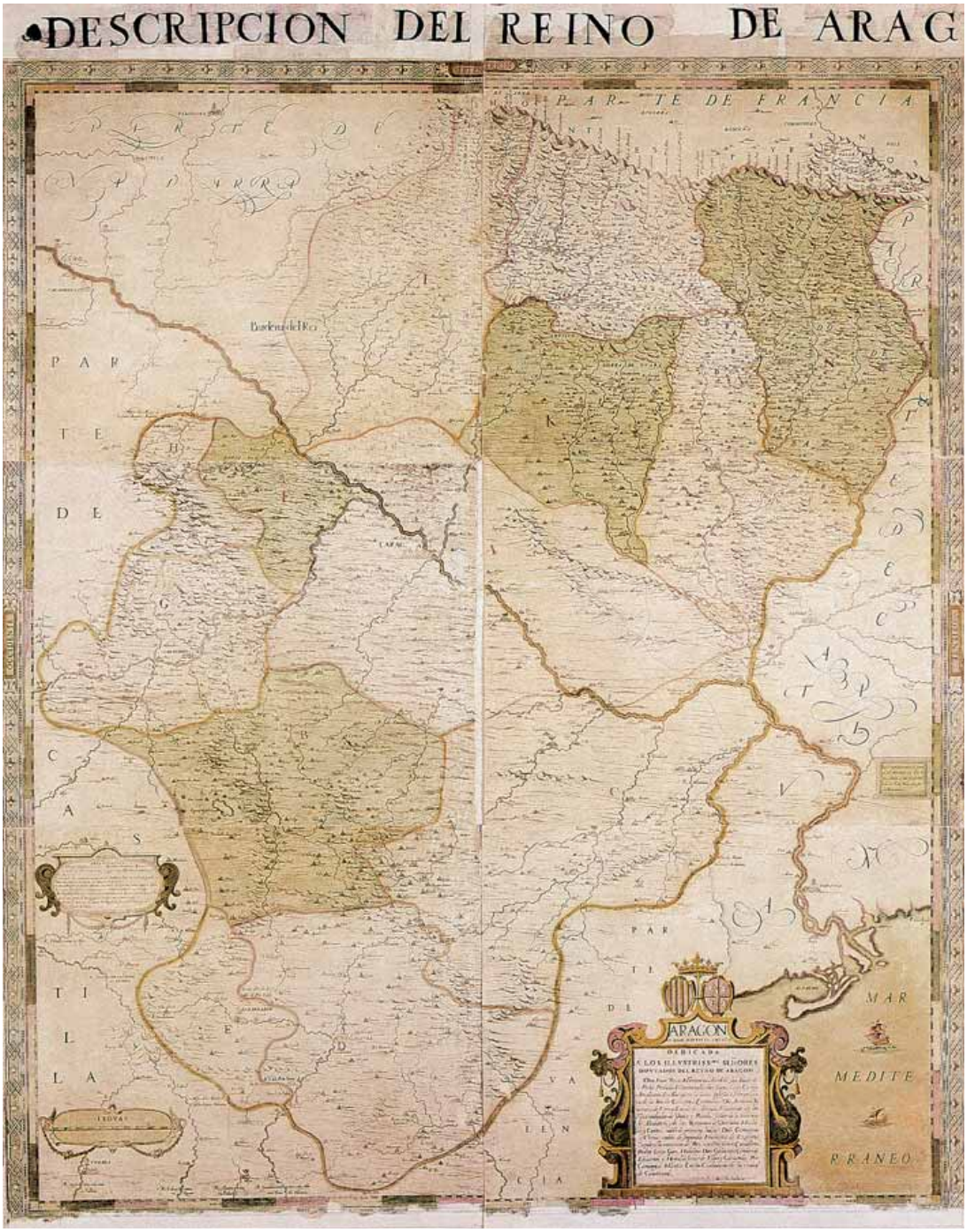
sores, prolongándose la esbozada trayectoria. Muchos negocios cartográficos florecieron en diversas provincias europeas no ibéricas de la Corona hispana, pero su relato escapa a los objetivos planteados. Productos comerciales, los mapas y atlas impresos en Flandes solían estar profusamente decorados, describir la hidrografía básica e incluir una grosera y parcial representación del relieve. Múltiples efectos de reclamo, hasta personajes vistiendo a la usanza del lugar y época, le añadían valor económico.

29 A. Hernando (1995), p. 241. Sobre cartografía impresa, en general: R. W. Shirley (1987).

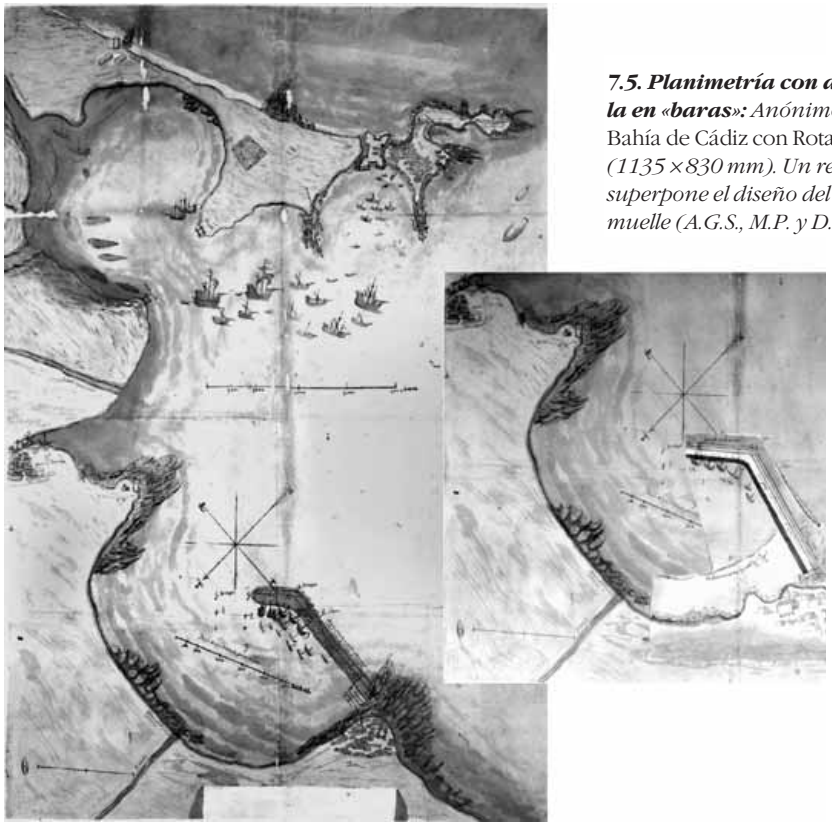
30 Facsímil por Ed. Singular, Madrid, 1994 (introducción de M.ª del Pilar Cuesta Domingo).

31 A. Paladini Cuadrado (1999), pp. 633-655, propone su atribución al cosmógrafo real Alonso de Santa Cruz.

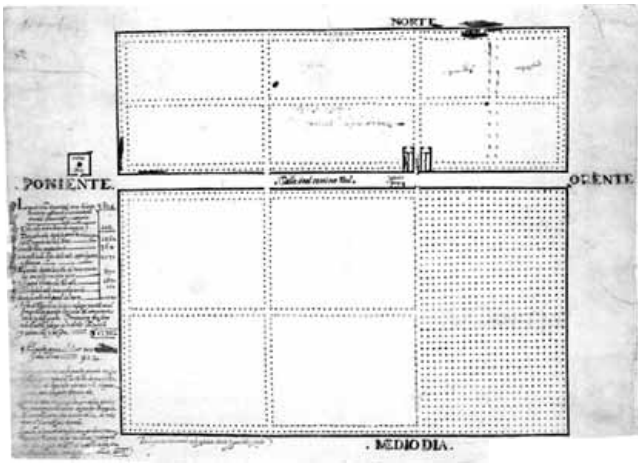
32 Se reeditó varias veces a lo largo de dos siglos. Quizás su primera edición en el extranjero sea la de Hondius-Mercator (Amsterdam, 1633).



7.4. Proyección cónica: Joan Bautista Lavaña (1619), **Reino de Aragón** *(110 × 93 cm). Grabado por Diego de Astor (discípulo de El Greco) en negro, coloreado a la aguada verde, sepia y carmín; impreso en Madrid. El original tiene pegadas a sus lados sendas columnas –aquí no reproducidas– con la* Declaración sumaria de la historia de Aragón para inteligencia del mapa*, redactada por Lupercio Leonardo de Argensola (Biblioteca Nacional).*



7.5. Planimetría con doble escala en «baras»: *Anónimo (1614),* Bahía de Cádiz con Rota y su muelle *(1135×830 mm). Un recortable superpone el diseño del nuevo muelle (A.G.S., M.P. y D. XXI-47).*



7.6. Planimetría despojada de figuraciones naturalistas: *Anónimo (h. 1577),* Plano de la viña [norte] y olivar [sur] del Quexigal*, en las proximidades de El Escorial (424×570 mm). Dibujo a pluma y punzón: tinta sepia, roja («todo lo que va de colorado es la yglessia venta y paredes y cassa guindalera higural») y verde (olivos), y aguada de rojo y verde sobre papel verjurado. Esquema planimétrico (no realmente a escala, pero aprox. 1: 2.400) y orientado, con dimensionamientos precisos en la larga nota explicativa (Biblioteca del Palacio Real de Madrid, Traza 1/55).*

recortables se adherían al documento. Así ocurre, por ejemplo en el *Diseño del muelle de Rota* (fig. 7.5), donde se reflejan el muelle viejo y el nuevo que se proyectaba. Como curiosidad, se puede apuntar que este poco ortodoxo espécimen es una suerte de mapa-plano, obtenido al simultanear una visión cartográfica de la bahía y otra planimétrica del muelle, mediante la coexistencia de dos escalas diferentes (en relación 1:5, aproximadamente): una para plasmar en conjunto la bahía gaditana y otra mucho mayor para una mejor definición del muelle.

En los planos topográficos renacentistas abundaban las decoraciones de carácter naturalista[33]. Por ello conviene resaltar las realizaciones donde la abstracción geométrica se lleva a niveles importantes. Así ocurre, por ejemplo, con el plano de la *Viña y olivar del Quexigal* (h. 1577), visión cenital pura (fig. 7.6).

El relieve: asignatura pendiente

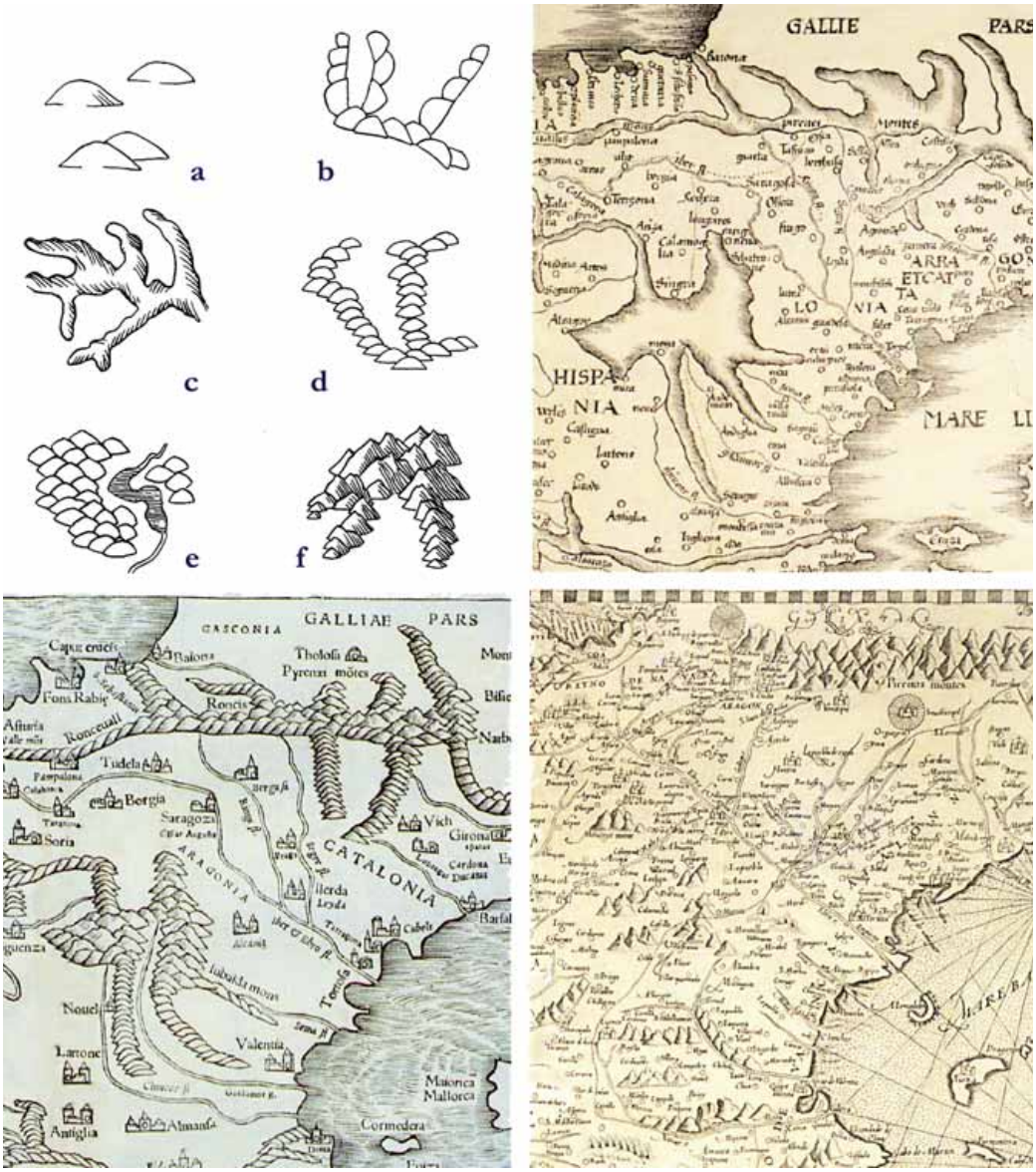
En la representación del relieve, de la orografía en particular, durante el Renacimiento no se alcanzó una madurez análoga a la planimétrica, por lo que no se puede hablar con propiedad de una topografía moderna[34]. Problema muy difícil, con vertientes geométrica (definición rigurosa cuantitativa) y plástica (imagen sugerente, en la que intervendrán colores y sombreados con su carga sicológica, o líneas para determinar el esqueleto y el contorneo de la representación), solo se produjeron avances en la búsqueda de una representación «más realista» de las formas que adopta el terreno. En mapas con escalas pequeñas, lo que supone la representación de territorios muy extensos, no ha lugar la realización de representaciones realistas. Para evitar amontonamientos es necesaria la abstracción, frecuentemente la magnificación y el desplazamiento de singularidades próximas, perdiéndose cualidades métricas. La representación del relieve tendrá sentido en mapas corográficos o topográficos, relativos a espacios regionales o a emplazamientos urbanos, principalmente.

Para empezar, la altimetría era difícilmente abordable en ausencia de instrumentos adecuados, pero las dificultades eran previas. Tres hechos destacables son: (1) el relieve no exhibe la regularidad de formas que suele haber en los levantamientos y proyectos de edificios o de máquinas; (2) su representación supone la plena integración de la tercera dimensión; y (3) la observación de las cadenas montañosas se reducía a la contemplación de paisajes, predominando los perfiles.

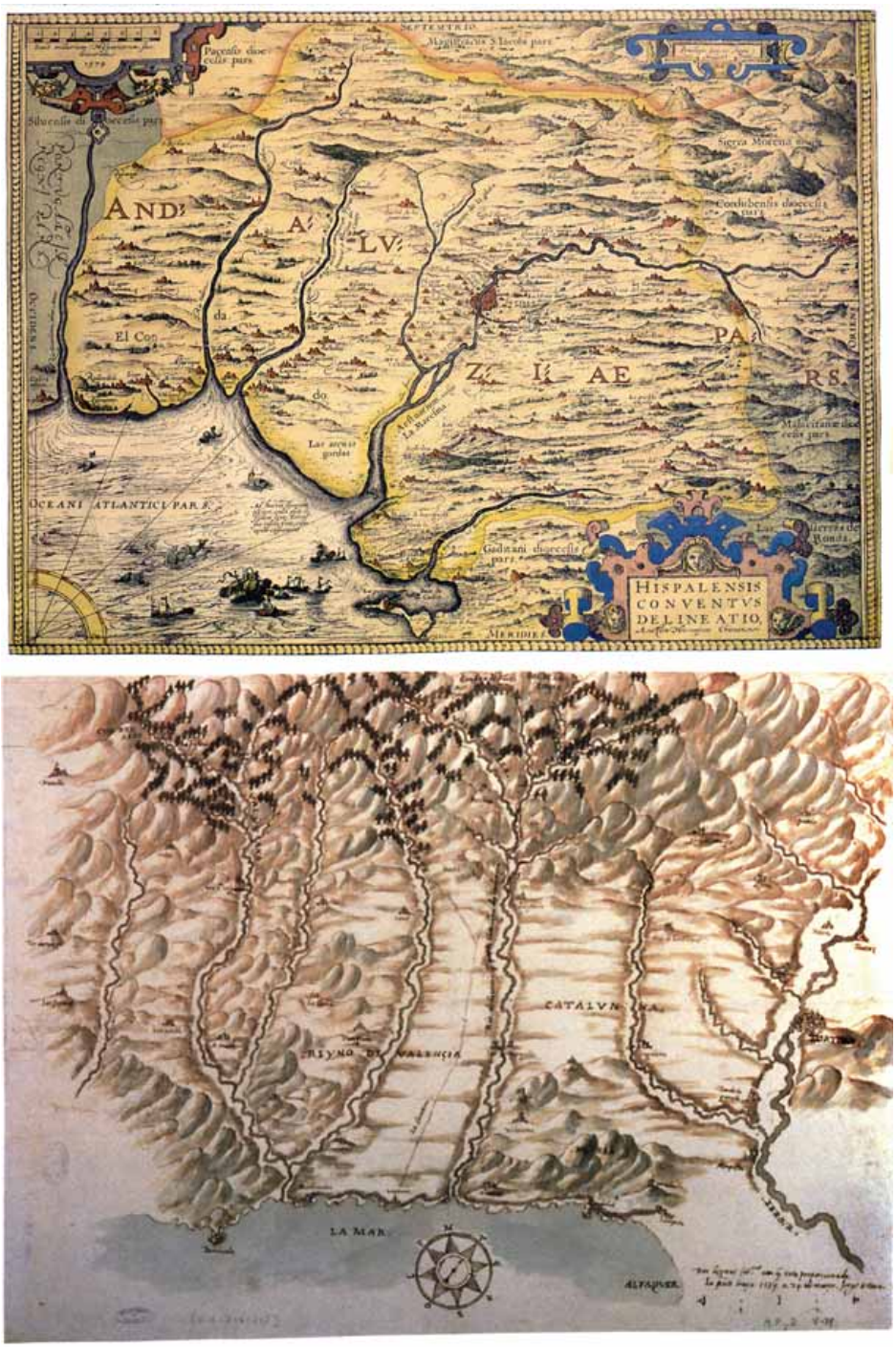
En la cartografía altomedieval, las montañas se figuran simplemente con perfiles abatidos (fig. 7.7.1). En las representaciones más primitivas se adoptan perfiles a modo de toperas, normalmente individualizadas; después, como si se tratara de hileras de piedras, ya con frecuentes solapes. La degeneración propia de los procesos de copiado hace que las filas de iconos se solapen por completo fundiéndose y

[33] Monografía sobre imágenes rurales, aunque no se recogen realizaciones españolas: D. Buisseret (1996).

[34] E. Imhof (1982), cap. 1; A. Paladini Cuadrado (1991); A. Blázquez (1910).



7.7. Representaciones simbólicas de la orografía: *(1) esquemas medievales [a-e] y renacentista [f], según* Imhof, *1982; (2-4) Cuadrante noroeste español en la cartografía impresa del Quinientos, según mapas «nuevos» de la* Geografía *de Ptolomeo editados por M. Servet (Lyon, 1525) y S. Munster (1540), y el impreso por P. Ligorio (1559), sobre la base del mapa mural dibujado por Paletino Consulensis.*



7.8. Corografías: *(1) Jerónimo de Chaves (1578):* Conventus Hispalensis Delineatio *(grabado al cobre, coloreado a mano con fines puramente decorativos). Publicado en el* Teatrum Orbis Terrarum *de A. Ortelius; (2) Jorge Setara:* Montes de Valencia *(1589). Acuarela sobre papel en tamaño folio, orientada al oeste (A.G.S., M.P. y D. V-79, G.A. leg. 246-282).*

dando lugar a suertes de ríos de fango, a veces coloreados en marrón o en verde. Ya en el siglo XV las representaciones se ordenan más o menos linealmente, con formas acordonadas; es el comienzo de la estructuración en la representación de la orografía. La superposición de iconos montuosos, aunque manteniendo sus identidades, da lugar a formas escamosas (como ocurre en los portulanos mallorquines). Muchos de estos esquemas se plasman también en mapas impresos del XVI. No obstante, a veces las cadenas montañosas reflejadas se justifican tan solo en tanto que delimitadoras de cuencas hidrográficas. En otros casos fueron puestas simplemente para decorar.

Ante la desmedida cantidad de datos necesaria para definir geométricamente el relieve, en el camino hacia representaciones más realistas se parte de la distribución de imágenes pictóricas abatidas, perspectivas parciales según direcciones varias, sin correspondencia cuantitativa entre las altitudes gráficamente reflejadas y las existentes. Pero el problema de los perfiles abatidos es el de las ocultaciones que generan. Con objeto de reducirlas y de armonizar el conjunto, el punto de vista se va unificando, elevando y alejando[35].

Ese realismo gráfico ambicionado lleva a representaciones con perfiles «naturales» diferenciados, modulación de alturas y anchuras, e incluso diferenciación de laderas en iluminadas y sombreadas[36]. Son intentos de evocar formas del paisaje, siempre con carácter escenográfico. Así ocurre con un mapa de Baviera (1568) del cartógrafo alemán Philipp Apian (1531-1589), obra maestra de la «topografía» renacentista. Graduado en longitud y latitud, supone una figuración perspectiva elevada (desde unos 45°), visualizando la hidrografía básica, masas boscosas y poblamientos. En España, un excelente ejemplo de este tipo de ilustración es el *Hispalensis/Conventvs/Delineatio* (fig. 7.8.1). De bella factura, con escala miliaria pero sin graduación en coordenadas geográficas, el entorno náutico del cartógrafo aflora a través de los rumbos dibujados y la profusa decoración de la pequeña zona marítima que aparece reflejada. Aunque de intención «foto realista», el relieve solo se puede leer cualitativamente, pues de lo contrario las cumbres de la Sierra Morena tendrían del orden de 10.000 metros de altura.

Como contrapunto al comercial mapa de Chaves se puede mencionar el de los *Montes de Valencia* (1589) de Jorge Setara (fig. 7.8.2), ingeniero militar y anteriormente cosmógrafo imperial. Muestra parte de la la costa levantino-catalana, fruto de un viaje-inspección a los bosques reales de Acenias y Valdanera. Un maestro de las atarazanas de Barcelona debía evaluar la calidad de las maderas y Setara informar

35 De este modo, se llega al uso de proyecciones oblicuas cuasi-paralelas, también de antiquísima raíz, y finalmente a las cenitales.

36 A. Paladini Cuadrado (1991), p. 14, observa que con cierta frecuencia la iluminación solar es desde el noreste, disposición habitual para la iluminación de los dibujantes en su trabajo, pero imposible los territorios al norte del trópico de Cáncer, en Europa en particular.

sobre «el sitio y la disposición que habrá para hacer carretera o carreteras en caso de que la dicha madera fuera buena a satisfacción para fábrica de galeras o otros bajeles de alto bordo y a qué partes de la Marina será más fácil de llevar». Graduado con escala en leguas catalanas, refleja los bosques[37], los ríos, las montañas, los caminos de interés y las principales poblaciones.

De mayor escala, precisión y calidad gráfica es el mapa del *Valle de Arán* (fig. 4.14) que se debe a la mano de Tiburzio Spannocchi. Realizado con objeto de evaluar la defensa del Pirineo, tras las llamadas «alteraciones de Aragón», muestra pitipié y cartela con información geográfica, así como explicación de códigos cromáticos.

En síntesis, las mejoras en la representación del relieve se limitan a perfeccionar la expresión plástica mediante figuraciones evocadoras, marcándose una evolución desde representaciones meramente icónicas a «realistas», pero no hay progresos sustanciales en la expresión gráfica rigurosa de la geometría, de la que a veces solo se apuntan circunstancias puntuales en forma cualitativa o, en el mejor de los casos, se anotan cotas de diversos puntos relevantes. Por ejemplo, la *Prospectiva de Maçarquivir* (fig. 12.17), es «traza que va en perspectiva por mirar mejor el relieve», al decir de Vespasiano Gonzaga; debida a Juan Bautista Antonelli (1574)[38], se menciona la existencia de un «padrastro», lugar alto que amenaza la fortificación. De hecho, la sinusoidalidad de los caminos evoca una importante orografía.

Debida a Cristóbal Antonelli (1580), la fig. 4.5 presenta la planta del Puerto de Los Alfaques y alrededores. Más preocupado por la línea costera, la hidrografía y la disposición del sistema defensivo, el relieve (en cordón), los edificios (particularmente, las torres defensivas) y la vegetación se tratan mediante el tradicional recurso de abatir perfiles notoriamente magnificados. Merced al color se figura un mar bastante espumado batiendo dique y playa. En algunos casos, en un mismo mapa se superponen a veces vistas desde distintos puntos, frecuentemente desde direcciones opuestas, representaciones que hoy quedan entre lo pictórico y lo pintoresco. Por ejemplo, en el plano sobre Los Alfaques de Tortosa (1585; AGS, M y P, VII-63) se muestra el sistema defensivo del delta de Ebro con diversas torres abatidas cuasi-

[37] En E. Bauer Manderscheid: *Los Montes de España en la Historia* (Fund. Conde del Valle de Salazar, Madrid, 1991, pp. 561-562) se recoge la relación escrita (AGS, ms. Sección de Mar y Tierra, legajo 246, fol. 281). En estos montes había «gran cantidad y numero de árboles de pinos de tres suertes que de ordinario llaman pinos gentiles, melosos y bordes, y los del primer género solos son los que sirven y son buenos para fabrica de galeras», pero no se diferencian las especies en el mapa, sino solamente en la relación adjunta. Pintada con gracejo, la representación de las masas forestales pudiera inducir a la «contemplación de abetos».

[38] Archivo General de Simancas (AGS), M.P. y D. VII-103, de 420 × 572 mm. Mazalquivir (*Mers-el-Kébir*, el gran puerto), *Portus Divinus* para los romanos, en el golfo de Orán, se encuentra al pie del Yébel-Murdjajo. El mapa carece de orientación y escala.

centrípetamente, como para leerlo solo desde el este o del oeste[39], aunque la montuosidad está vista desde el oeste.

Incluso una visión cenital pura puede ser insuficiente para transmitir información sobre la realidad orográfica. Hoy se suelen construir expresiones plásticas cenitales sugerentes combinando sombreados (bien normalizados en anchura y separación, según las pendientes, o bien respondiendo a iluminaciones oblicuas, para las que hay que definir la ubicación del foco luminoso, por ejemplo) y tintas especiales que responden a determinados códigos altimétricos (bien espectral modificada o bien de luminosidad creciente con la altura, por ejemplo)[40].

En resumen, la evolución en la expresión del relieve durante el siglo XVI, y hasta avanzado el XVIII, fue esencialmente plástica, mejorándose el realismo paisajístico al tiempo que se elevaba el punto de vista, más que en la definición rigurosa de la geometría. A veces, en algunos levantamientos se llegaba a perspectivas cenitales. A partir del XVII se irán considerando conjuntos densos de puntos acotados (técnica problemática por la ausencia de estructuración), líneas estructurales (aproximación poliédrica del relieve), líneas de máxima pendiente (con efectos inducidos sobre el sombreado) y curvas de configuración horizontal del terreno (precedente de las proyecciones horizontales de las curvas de nivel, también denominadas altimétricas, hipsométricas o hipsoisas[41]; de profundidad, batimétricas o isobatas en el caso de que se encuentren en fondos lacustres o marinos).

III

Apunte sobre sistemas de representación volumétrica: de la perspectiva cónica y las proyecciones cilíndricas

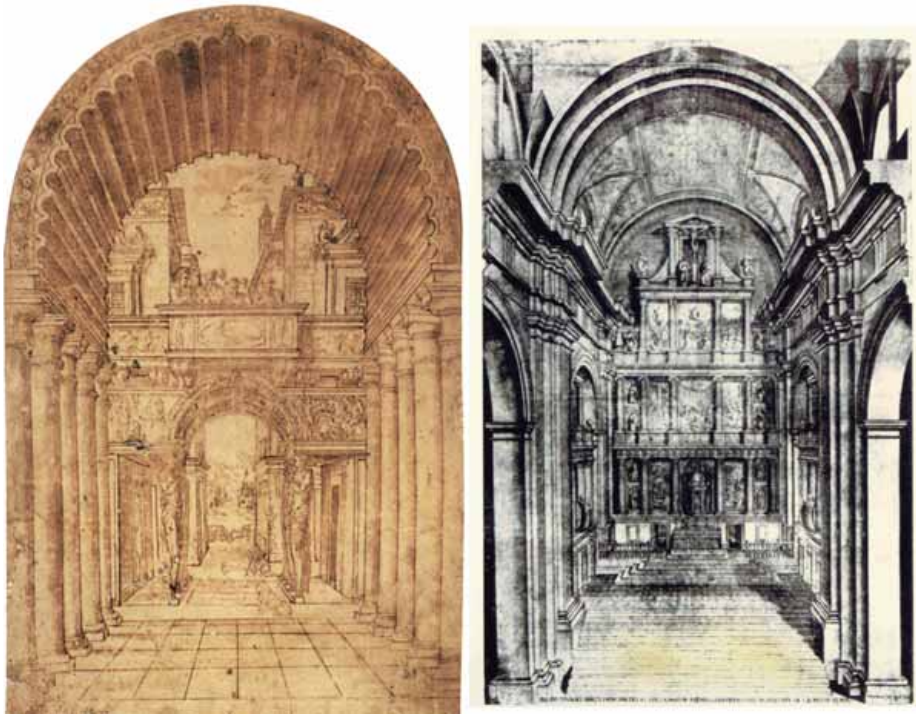
Al hablar del relieve se ha planteado el problema de la representación de volúmenes. Por ello, conviene recordar ahora algunas proyecciones geométricas pensadas para plasmarlos.

Si en el ámbito general del dibujo hubiera que señalar una contribución sustantiva del Renacimiento, muy probablemente la respuesta más frecuente sería la *pers-*

[39] Lo que no es necesario por ser un dibujo relativamente pequeño, de 283 × 625 mm (AGS, M.P. y D. VII-63). Acuarela en color y con algo de sombreado en las montañas (iluminadas desde el nortenoroeste), las tierras bajas del delta en blanco, su leyenda ha de ser leída, esencialmente, desde tierra.

[40] Para una amplia visión de conjunto, véase E. Imhof (1982).

[41] A. Blázquez (1910), tras una visión histórica de la representación del relieve en los mapas, presenta el de Chuquimayo (Cajamarca, Perú) del capitán Diego Palomino (1549), cuyos trazos sinuosos con inflexiones análogas a las hipsométricas del terreno se pueden tomar como curvas de nivel figuradas o aproximadas, precedente de las curvas de nivel, que estarían disponibles un cuarto de milenio después.



7.9. Perspectivas con un punto de fuga: *(1) Diego de Siloé (¿posterior a 1550?),* Perspectiva escenográfica *(399 × 256 mm): tinta y aguada sepia sobre papel (M.N.A. Cataluña, CDG 107 786/D); (2) Juan de Herrera-Pedro Perret (1598),* Capilla Mayor de El Escorial*: grabado en cobre.*

pectiva lineal o cónica, convención artificial con la que, desde un punto de vista dado, se puede representar el aspecto tridimensional de escenas u objetos, sobre una superficie plana. Profusamente utilizada en la pintura, permitió romper con los paradigmas pictóricos medievales, posibilitando una «forma realista de ver» el espacio tangible[42]. No se pretende exponer los fundamentos científicos ni las implicaciones de esta aportación[43]. Sin embargo, se ha de precisar que la representación exhibe distorsiones angulares y dimensionales en función del objeto, el plano del cuadro (de visualización) y el posicionamiento relativo del punto de vista. Así, los planos paralelos al de proyección no se deforman, aunque en función de la lejanía se reduce su tamaño. Si se representa un paralelepípedo dispuesto con una de sus caras paralela-

[42] Entre otras consideraciones sobre su carácter aproximado, se debe recordar que la retina tiene una forma cóncava, por lo que se plantea un problema análogo al de la representación plana de la superficie terrestre: no existe una proyección que reproduzca la imagen retiniana sin deformaciones. Por otro lado, las imágenes que percibimos pasan por el complejo procesamiento que realiza la mente.

[43] Aspectos complementarios pueden verse en L. Wright (1985), E. Panofsky (1995) y H. Damisch (1997).

mente al plano del cuadro (perspectiva frontal o paralela), aparece un punto de fuga en el que convergen las aristas ortogonales al plano (fig. 7.9). Si es solo un eje (cuatro aristas) el que es paralelo al plano del cuadro, todas sus paralelas lo seguirán siendo y en la representación aparecerán dos puntos de fuga (fig. 7.10.1). Si ninguna arista es paralela al plano del cuadro habrán tres puntos de fuga.

Quizás conocida en la Antigüedad Clásica, e intuitivamente utilizada en el medioevo[44], la comprensión geométrica de la perspectiva cónica comienza a formularse en la Italia del primer Renacimiento[45]. El arquitecto e ingeniero florentino Filippo Brunelleschi (1377-1446) sentó las bases entre 1417-1420, y diversos pintores aplicaron el nuevo saber, cuyo uso y perfeccionamiento en el ámbito de la arquitectura y la ingeniería encuentra en el siglo XV nombres tan relevantes como Antonio Averlino Filarete (ca. 1400-1469), Leone Battista Alberti (1404-1472)[46], Francesco di Giorgo Martini (1439-1502), Donato Bramante (1444-1514), Rafael Sanzio (1483-1520), Giuliano da Sangallo (h. 1445-1516), Leonardo da Vinci (1452-1519) o Alberto Durero (1471-1528).

Dentro de la amplia bibliografía del siglo XVI sobre perspectiva[47], el primer texto impreso es *De artificiali perspectiva* (Toul, 1505), de Jean Pélerin *le Viator* (h. 1435-1524), en el que se establecen los *tiers points* (punto de fuga central y diagonales), lo que le permite trazar edificios no paralelos al plano del cuadro. Cerrando el siglo, Guidobaldo del Monte (1545-1607), en *Perspectivae libri sex* (1600) da un paso significativo para su comprensión geométrica[48].

Empleando la perspectiva cónica se representan hasta tres de las seis caras del paralelepípedo; sin embargo, el realismo obtenido tiene un alto precio: áreas, ángulos y distancias no se preservan en la representación; de hecho, la escala es continuamente variable. Percepción *versus* realidad, circunstancia *versus* esencia... Por eso, en su *De re aedificatoria* (1443-1452)[49], Alberti plantea categóricamente que las perspectivas son técnicas gráficas para los pintores, no para el dibujo arquitectónico.

---

[44] Villard de Honnecourt, al tratar de «copiar la realidad», produce perspectivas cónicas ingenuas (v. R. BECHMANN, 1993; A. ERLANDE-BRANDENBURG *et al*., 2001).

[45] A pesar de su complejidad operativa, su fidelidad al reproducir la realidad le hizo objeto de estudio riguroso y sistemático unos tres siglos antes que para el diédrico.

[46] En 1435 escribió en latín (en 1436 apareció en italiano) *De Pictura,* primer tratado en el que se teoriza sobre la perspectiva cónica o lineal, y que marca la historia del arte renacentista.

[47] En un contexto arquitectónico, véase: D. WIEBENSON (1988), epígrafe III-B, p. 199 y ss.

[48] En particular, muestra que para cada conjunto de paralelas que corte al plano del cuadro existe un punto de fuga específico. Con ello, a partir de una planta, determina sistemáticamente el punto de fuga de un conjunto de paralelas horizontales: es la intersección de la que pase por el punto de observación con el plano del cuadro; de este modo se pueden trazar fácilmente multitud de formas poliédricas complejas.

[49] Lib. II, cap. I, traducción al castellano y comentario en Ed. Akal, Madrid, 1991.

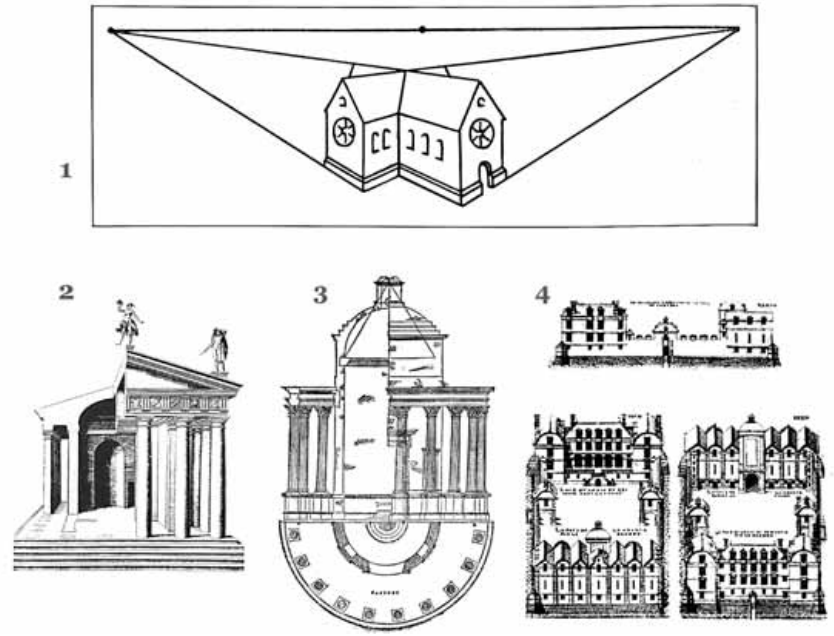
Una forma de reducir deformaciones es alejar el punto de vista, ya que con la distancia los rayos del cono se van «paralelizando». Si el punto de observación se distancia hasta el infinito, la perspectiva cónica o lineal se transforma en *proyección cilíndrica o paralela* (los rayos visuales se tornan paralelos y todo paralelismo en rectas se mantiene en la proyección). Se podrán seguir representando hasta tres caras de un paralelepípedo, pero se introduce un rasgo técnico fundamental: las direcciones definidas por los tres ejes se tornan mensurables, eventualmente cada una con una escala diferente pero válida en todo el dibujo, es decir, independientes de la ubicación del objeto en el mismo[50]. Por consiguiente, los objetos serán más fáciles de dibujar y, en cierto sentido, de leer. Los dos tipos básicos de proyección cilíndrica, ambos presentes de forma intuitiva en el Renacimiento[51], se distinguen por su ortogonalidad u oblicuidad con respecto al plano de proyección. A partir de este punto no existe unanimidad en las denominaciones. A veces, toda proyección cilíndrica o paralela se denomina *axonométrica* (i.e., con ejes medibles), pero es muy frecuente un sentido más restringido, en el que se circunscribe la denominación *axonométrica* a la proyección cilíndrica *ortogonal* sobre un plano desigualmente inclinado con respecto a los tres ejes principales del objeto a representar. Según los valores de los dos ángulos que definen la inclinación del objeto con respecto al plano, se tienen proyecciones *trimétricas* (las más complejas; cada eje tiene un coeficiente de reducción distinto), *dimétricas* (dos coeficiente de reducción, uno válido para dos ejes) o *isométricas* (por simetría, los tres ejes se presentan a 120° y tienen idéntico coeficiente de reducción, 0.816)[52].

Entre las *proyecciones oblicuas* cabe mencionar la *caballera* y la *militar*. Las primeras las utilizó magistralmente Leonardo da Vinci, las segundas Francesco di Giorgio en sus *Trattati di architettura, ingegneria e arte militare*. En esencia la misma, difieren por la disposición del plano de proyección: en la caballera se toma vertical, mientras que en la militar es horizontal. En otros términos, en el primer caso se preserva el alzado (se asemeja a una observación frontal, desde una lejana coli-

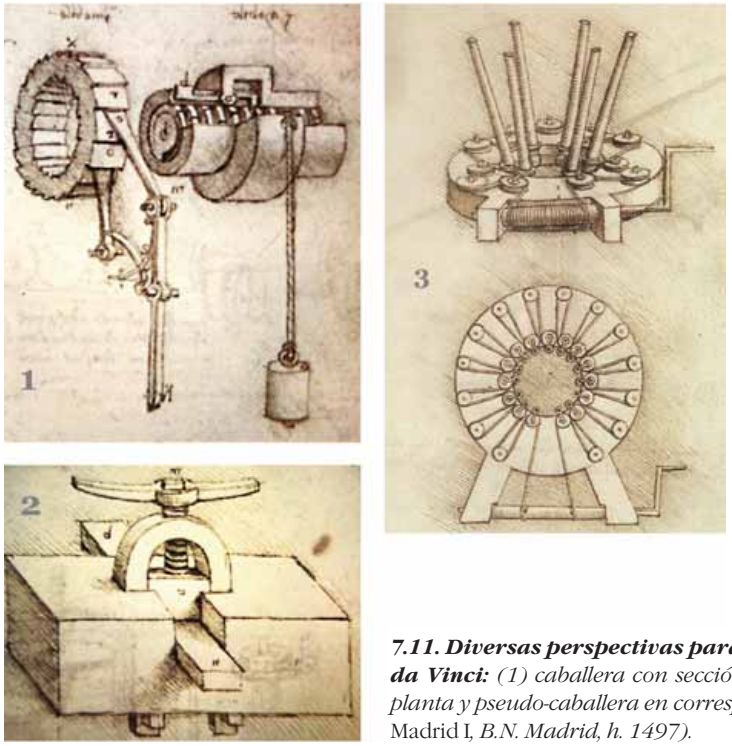
[50] Las proyecciones paralelas producen atmósferas relativamente sosegadas, contemplativas, en espacios no jerarquizados por el cerca y el lejos; las perspectivas cónicas se prestan mejor a expresar cierta dinamicidad y realismo. Frente a la ilusión *óptica* que provoca la perspectiva cónica, la paralela proporciona un efecto *visual* (v. J. Krikke: «Axonometry: A Matter of Perspective», *IEEE Computer Graphics and Application*, July/August, 2000).

[51] Con precedentes en civilizaciones orientales antiquísimas, aproximaciones son observables en la tradición de algunos dibujos de maestros góticos, como Villard de Honnecourt.

[52] En realidad, al igual que existen representaciones de una superficie esferoidal que no son perspectivas, existen proyecciones isométricas que solo se pueden describir mediante transformaciones matemáticas. De este modo, preservando las escalas en los tres ejes, a veces se emplean isometrías con ángulos entre los ejes que difieren de los 120° mencionados. Igual consideración cabe con respecto a las representaciones dimétricas y trimétricas. La formalización de la perspectiva isométrica se debe al reverendo W. Farish (1759-1837), presidente de la Cambridge Philosophical Society: «On Iso-metrical perspective» (1820).



7.10. Madurez gráfica: *(1) Perspectiva con dos puntos de fuga, «cornuda», según Jean Pélerin le Viator, en* De artificiali perspectiva *(1505), primer libro impreso sobre el tema; (2) A. Labacco (1554), Perspectiva cónica seccionada; (3) A. Palladio (1559), Tríada planta-alzado-sección (expresión supracompacta gracias a la fuerte simetría); y (4) J. A. Du Cerceau (1576), Perspectiva oblicua militar.*



7.11. Diversas perspectivas paralelas por Leonardo da Vinci: *(1) caballera con sección; (2) caballera; y (3) planta y pseudo-caballera en correspondencia (*Códice de Madrid I, *B.N. Madrid, h. 1497).*

na), mientras que en el segundo se mantiene la cubierta arrojándose un perfil análogo al de una sombra (como si se observara desde un globo aerostático o pájaro a gran altura). En ambos casos, la reducción dimensional en la representación del eje perpendicular al plano de proyección es arbitraria.

En las definiciones más restrictivas de la *proyección caballera* se emplea un ángulo de fuga de 45° (o sus múltiplos), mientras que para el eje perpendicular al plano de proyección se suele adoptar un coeficiente de reducción de 1/2 (o 2/3), con objeto de dotar de verosimilitud a esas vistas «físicamente imposibles»[53]. En la *proyección militar*, de uso frecuente en topografía, lo fundamental es preservar las plantas de los objetos y el coeficiente de reducción suele ser de 1/3 o 1/4. Si los ángulos de fuga son múltiplo de 90° y no existe reducción, se puede hablar de *proyección caballera-militar*, que combina proyecciones de los alzados y plantas (a nivel del cubrimiento) en verdadera magnitud, lo que puede producir importantes oclusiones.

Una sola proyección no permite definir un objeto, ya que como máximo se verán tres caras contiguas de un paralelepípedo. Por ello se ha de recurrir a vistas complementarias, desde otros puntos. Proyectando ortogonalmente sobre planos ortogonales entre sí, se llega al sistema diédrico. En su forma básica se emplean la planta (horizontal) y dos alzados (frontal y lateral). Obviamente, si el objeto tiene simetrías importantes se pueden compactar las proyecciones (fig. 7.10.3); si, por el contrario es muy complejo, pueden llegar a hacer falta otras auxiliares. Para vislumbrar detalles de su interior puede ser fundamental la idea de sección o corte (a veces, vista fantasma). Andrea Palladio, en *I quattro libri dell'architettura* (1570), usó de forma sistemática representaciones en correspondencia de planta y alzado, y las secciones (a veces, con sombras y texturas), pero nunca la perspectiva albertiana (lineal o cónica). Para el dibujo técnico, la introducción de la tríada planta-alzado-sección, tema sobre el que se volverá posteriormente, es quizás la más importante contribución renacentista.

Prueba de la disponibilidad en el siglo XVI de los sistemas de proyección mencionados es el libro del arquitecto y dibujante J. A. du Cerceau *Les plus excellents bastiments de France* (París, 1576-79): en función de las necesidades, emplea casi todos los utilizados en su tiempo. Una síntesis innovadora de los fundamentos científicos de las proyecciones cónicas aparecerán décadas después, gracias al ingeniero y matemático Gérard Desargues (1591-1662), en su obra *Brouillon project d'une atteinte aux événements des rencontres du Cône avec un Plan* (París, 1640). El trabajo definitivo para la comprensión de las proyecciones paralelas y ortogonales llegará con Gaspard Monge y su *Geometría Descriptiva* (París, 1798).

---

53 «Visibles» desde el infinito. En las proyecciones caballeras dos ejes mantienen idéntica escala en el plano. Por consiguiente, en su sentido etimológico más amplio, son dimétricas (solo dos medidas o escalas diferentes, según los ejes).

Lo mencionado es aplicable tanto a la representación de edificios como a la de máquinas (fig. 7.11) o a la del territorio. Según la elevación angular del punto de observación, empleando la perspectiva cónica, las vistas corográficas se pueden agrupar en:

- *Perfiles o panoramas,* en los que, ignorándose la planta, se supone al espectador situado sobre el terreno (o ligeramente elevado); emplean un plano de proyección casi vertical.
- *Vistas oblicuas*, con inclinaciones intermedias. Cuanto mayor sea, menos oclusiones se producen, lo que en el caso de vistas urbanas permite mejorar la percepción del entramado callejero. Dentro de una significativa confusión terminológica, se suelen distinguir: *vistas caballeras* si la elevación es «pequeña» (hasta unos 30°, típicamente unos 15°)[54]; *vistas a vuelo de pájaro* (30-60°, por lo general unos 45°) y *vistas en perspectiva o cartográficas* (60-80°). Con frecuencia las vistas oblicuas utilizan puntos de observación inaccesibles, proyectándose el contenido sobre un plano más o menos inclinado. Las vistas oblicuas suelen responder más a aproximaciones empíricas que a medidas rigurosas con instrumentos topográficos, aunque ello no sea excluible.
- *Planos cenitales o vistas icnográficas* (90° de elevación), en las que se describe la planta empleando planos horizontales.

Si se supone el punto de observación muy lejos (en el infinito), el cono de observación se «paraleliza» y las vistas corográficas se transforman en *alzados, proyecciones oblicuas militares* (a vuelo de pájaro o cartográficas) y *proyecciones icnográficas*, respectivamente. Desde el Renacimiento se emplearon los sistemas de representación mencionados, con rigor y coherencia notables. El paso de la abstracción geométrica al realismo pictórico, reflejando verosímilmente la espacialidad, requiere la incorporación de diversas variables gráficas (figuras, texturas, luces y sombras, color)[55], importante tema sobre el que solo se harán referencias tangenciales.

IV

Corografía urbana. Perfiles, vistas y planos: entre la cartografía y la escenografía

Entre la ciencia y el arte, las descripciones coro-topográficas tuvieron valor tanto en la dimensión política como en la socio-cultural. En esta sección se introducirán algunas de sus variantes en ámbitos urbanos. Se presentarán realizaciones de maestros de obras y agrimensores, de dibujantes-pintores «topógrafos» y de inge-

[54] Conviene no confundir esta acepción de vista caballera (una perspectiva cónica con pequeña oblicuidad, cuasi-perfil) con la de proyección caballera (un tipo de proyección paralela), particularmente en su versión más restrictiva de ángulo de fuga de 45° y 0.5 de coeficiente de reducción.

[55] Véase, por ejemplo, J. Sáinz (1990), cap. 7.

nieros, sean civiles o militares[56], imágenes descriptivas realizadas por razones muy diversas desde obras o pleitos civiles a la mejora de la defensa.

Las colecciones impresas de mapas y vistas de ciudades tuvieron un enorme éxito comercial entre nobles, burgueses e intelectuales. Sin embargo, en el caso hispano, el aporte de las prensas fue muy débil. Por otro lado, existió una importante proporción de imágenes de ciudades que no pretendían tanto realizar una descripción realista como reflejar «su espíritu», normalmente con un fuerte valor simbólico-religioso[57]. En las vistas corográficas, los objetivos básicos fueron la precisión y la completitud, si bien esta disciplina se consideraba más negocio de pintores que de científicos, a los que se suponía interesados por la geografía, de nivel conceptual superior. En cualquier caso, las diferencias entre las corografías de los ingenieros militares (claras, contenidas en el empleo de recursos gráficos, fidedignas e informativas) y las demás, en particular las impresas, son importantes.

Entre los perfiles, más arquitectónicos que corográficos, se pueden recordar los del zaragozano castillo de la Aljafería dibujados por Spannocchi (fig. 4.12)[58]. Fuera de nuestras fronteras hubo una numerosa y excelente producción de perspectivas oblicuas y planos, tanto en Italia como en centroeuropa. Perspectivas ligeramente oblicuas las hay, por ejemplo, en el *Liber Chronicarum* de Hartmann Schedel (Anton Koberger, Núremberg, 1493). De calidad muy diferente, a pesar de ser medio siglo posteriores, son las relativas a ciudades como Toledo, Sevilla, Granada o Lisboa en el mencionado *Libro de Grandezas y Cosas Memorables de España,* de Pedro de Medina (Sevilla, 1548).

Cuando prima un interés descriptivo no militar, los elementos más relevantes (catedrales, fortalezas, palacios) se suelen destacar dibujándolos en proyección caballera y por consiguiente abatidos, favoreciendo visiones frontalizadas (frecuentemente resultado de un giro) y amplificadas. Para el resto de los elementos se suelen usar proyecciones axonométricas intuitivas, eficientes transmisoras de información. En el ámbito castrense, es frecuente que con los recursos estratégicos básicos (por ejemplo, las fortalezas) no se hagan concesiones estéticas y se represente rigu-

---

56 Se puede encontrar información sobre realizaciones españolas en R. L. Kagan (1986 y 1998), F. J. Martín Rodríguez (1986), A. Cámara Muñoz (1991 y 1994), B. E. Mundy (1996), C. J. Hernando Sánchez (2000), J. Ortega Vidal (2001), P. de Texeira (2001), F. Pereda y F. Marías (2002), F. Marías (2002), C. San Antonio Gómez y M. A. León Casas (2002). No centrado en el marco español, puede tener interés D. Buisseret (1996, 1998 y 2003).

57 R. L. Kagan: «*Urbs* and *Civitas* in Sixteenth- and Seventeenth-Century Spain», en D. Buisseret (1998), pp. 75-108; R. L. Kagan (1998). Las descripciones corográfico-arquitectónicas presentan la *urbs*, mientras que las más simbólicas tratan de reflejar la *civitas*, la comunidad que allí vive.

58 En este caso concreto, el ingeniero respeta el viejo palacio taifal, sacrificando la eficiencia militar, de acuerdo con lo que dictaban las normas del arte de la fortificación. Gracias a estos dibujos se pudo reconstruir hace unas décadas parte de la muralla medieval, tras la azarosa vida de tan singular edificio.

rosamente su planta. Si se desea dar idea de volumen, buscando la mayor coherencia entre la planimetría y los alzados, se suele utilizar la proyección oblicua militar, ya que preserva la geometría de las plantas (y azoteas-tejados). Sin embargo, los edificios aparecen escorzados, lo que a veces lleva a ensanchar las calles, para evitar solapes. En suma, en los planos cenitales se pretende compaginar planimetría y experiencia visual, obteniéndose el mayor rigor en la planta con las proyecciones oblicuas militares. En cualquier caso, la mezcla de tipos de proyecciones y de distintos puntos de vista es práctica corriente. El rigor funcional (cualitativo) y dimensional suele darse en los dibujos de los «técnicos», que a veces desenfocan o no matizan lo poco relevante. Entre los autores de vistas corográficas hay cartógrafos, ingenieros, arquitectos o maestros de obras, agrimensores y artistas, perfiles que al menos por parejas coexistían con frecuencia en una misma persona.

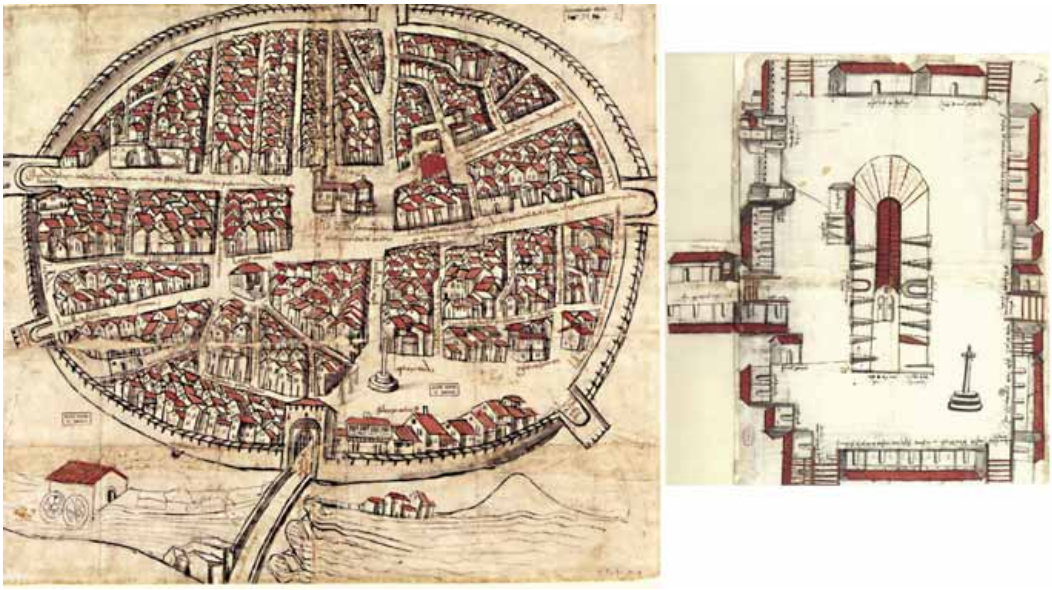
En las imágenes de Aranda de Duero y Bonilla de la Sierra (fig. 7.12) domina la planimetría, acusándose claros primitivismos, lo que les confiere indudable encanto[59]. Ambas fueron realizadas para resolver pleitos en el ámbito municipal. Son dibujos eficaces, sin adornos que distraigan la atención. En el primer caso, la descripción del volumen se consigue mediante abatimientos de los edificios (leídos con gran libertad en «perspectiva cónica»). El dibujo de la plaza de Bonilla de la Sierra, villa del obispado abulense, emplea predominantemente proyecciones oblicuas frontales. En ambos casos, se observa la disparidad de direcciones en lo que concierne a ciertos abatimientos y el empleo del rojo para los tejados. El empleo de abatimientos multidireccionales tiene a veces la misión de abrir espacios para que la zona planimétrica de interés quede despejada, aunque también se usa sin esa justificación, incluso en el ámbito militar.

Entre las vistas a vuelo de pájaro las hay aún pre-perspectivas, como una gaditana anónima (1513)[60] en la que, excluidas la muralla y catedral (muy amplificadas), los edificios de la zona central están representados como en planos superpuestos, gozando de una notoria cuasi-frontalidad, al tiempo que a otros edificios se les aplica una perspectiva pseudo-cónica. Con deformaciones geométricas significativas en la representación de la bahía, proporcionalmente de mucha más anchura, presenta un minimizado Puerto de Santa María «en planta».

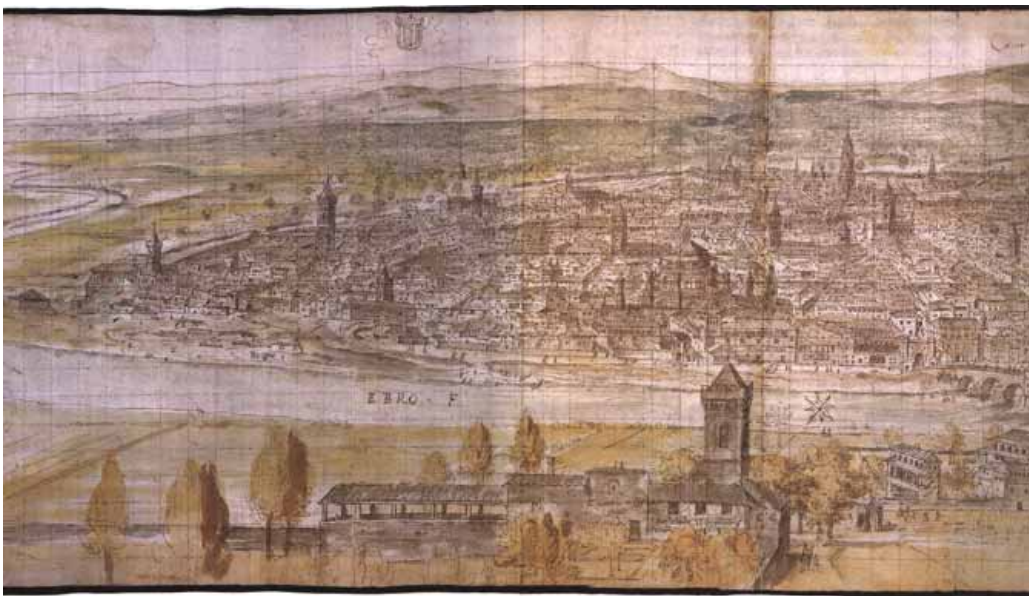
La vista de la fig. 7.13 pertenece a la más significativa colección de imágenes de ciudades españolas del Quinientos. Felipe II la encargó al más reputado «topógrafo urbano» del momento, al que nombró pintor de cámara: su súbdito flamenco Antón Van der Wyngaerde (Amberes, h. 1525 – Madrid, 1571). Interesado por la exactitud

[59] Técnicamente se encuentran en fuerte contraste con la planimetría de Imola, debida a Leonardo da Vinci (c. 1502), de una precisión y anticipación notables (440 × 602 mm). Una reproducción a gran formato se puede ver en L. RETI (1974), pp. 154-155.

[60] A.G.S., M.P.D. XXX-47 (585 × 415 mm), múltiples veces reproducida se puede ver, por ejemplo, en VV. AA. (2001), p. 352.



7.12. Planta y abatimientos *(tinta negra y aguadas sobre papel): (1) Anónimo (1503), plano de Aranda del Duero (528 × 598 mm; A.G.S., M.P. y D. X-1); (2) Anónimo (h. 1510), plaza de Bonilla de la Sierra (436 × 600 mm; Arch. Chancillería de Valladolid, P. y D. Carp. 20, n.º 29).*



7.13. Vista oblicua por Antón Van den Wyngaerde (1563)*:* Zaragoza *(detalle). Realizada desde la margen izquierda del río, la vista no era posible en la época. (Ö.N.B., Viena).*

topográfica, Wyngaerde realizó setenta y dos soberbios dibujos (más múltiples bocetos y estudios, todo fechado entre 1562 y 1570) de ciudades y pueblos de España. Terminados en tinta sepia, la mayoría están coloreados a la acuarela, habiéndolos que solo recibieron una aguada en azul. El infortunio no les permitió llegar a las prensas (iban a ser impresos en Amberes por Christoph Plantin), incluso aunque para algunos ya estaban realizadas las planchas para grabar, o redactados los textos que debían acompañarlo[61]. Las vistas conservadas son esencialmente oblicuas (entre unos 15° y 45°), siguiendo los cánones de la perspectiva cónica. En su mayoría «vistas desde puntos imposibles», son construcciones gráficas, tarea realizada a partir de bocetos de localización, levantamientos previos de tipo general e incluso apuntes de fachadas y calles. El rigor de la construcción hace de estos dibujos, técnicos a la vez que artísticos, una fuente importantísima para el estudio del urbanismo y la arquitectura de las ciudades representadas, aunque, a veces, para resaltar algún edificio significativo se tomaba la licencia de girarlo o amplificarlo. Esto ocurre, por ejemplo, en las vistas de Zaragoza y de Valencia con sus catedrales.

A modo de contraste, se pueden citar los grabados del *Civitatis Orbis Terrrarum* (1572-1617), singular colección de vistas urbanas editadas por Georg Braun y Frans Hogenburg, pensada para complementar el *Teatrum* de Ortelius. La mayoría de los dibujos de ciudades españolas se deben a Georg Hoefnagel (Amberes, 1542-1601) quien, además, recorrió Inglaterra e Italia para el *Civitatis*, obra que contiene ilustraciones de muy diferente tipo, planos incluidos. Mucho menos naturalistas que los de Wyngaerde, son dibujos de un «escenógrafo». Suele ubicar las ciudades en su entorno (fig. 9.15), incluyendo a menudo personajes ataviados con trajes locales, realizando tareas típicas (en las representaciones de ciudades como Sevilla, Conil-Jerez de la Frontera o Granada, por ejemplo, desborda el nivel de lo típico para caer en lo folklórico-anecdótico). Si los trabajos de Wyngaerde son un encargo del rey para disponer de descripciones precisas, el *Civitatis* es un producto comercial, que debió parte de su éxito a plegarse a la demanda de un mercado burgués y centroeuropeo.

Mención especial merece la cartografía generada por las conocidas *Relaciones Geográficas* (1578-85). La *Instrucción y Memoria de las relaciones que se han de hacer para la Descripción de las Indias*[62]*,* compilada por Juan López de Velasco por orden de Felipe II (1577), pedía describir

> el sitio y asiento donde los pueblos estuvieren, si es en alto o en baxo o llano, con la traça y designo en pintura de las calles, y plaças, y otros lugares señalados de monesterios como quiera que se pueda rasguñar fácilmente en un papel, en que se declare,

[61] Un completo conjunto de estudios y reproducciones en R. L. Kagan (1986).

[62] Son cincuenta cuestiones que pretendían sistematizar y complementar el conocimiento sobre los nuevos territorios. Por ejemplo, se recogen en G. Menéndez Pidal (2003), pp. 213-217.

7.14. Vista de pájaro anónima (1578), Tocuyo, ciudad y río *(500 × 960 mm). Tinta sobre papel (Real Academia de la Historia 9/4661, n.º 14).*

> que parte del pueblo mira al medio día o al norte y para puertos y desembarcaderos la figura y traça de ellos en pintura.

Se obtuvieron 191 respuestas[63], muchas con sugerentes mapas o vistas. La escasez de agrimensores y cartógrafos de formación europea dio lugar a una cartografía mestiza, de un interés histórico y etnográfico excepcional, ingenua, de gran poder evocador y muy variada. En algunos casos los dibujos se encuentran casi plenamente en la tradición ideogramática de los pueblos indígenas (por ejemplo, los de Misquiahuala, h. 1579, o de Teozacoalco, 1580); en otros se usa regla para trazar (como en los planos de Cholula, 1581, o de Huexutla, 1580), mientras que muchos son de estilo mixto[64]. Entre los mapas de «estilo europeo» se encuentran el de Yuririapúndaro, el de Meztitlán (por Gabriel de Chávez, 1579), que dibuja en vista oblicua un paisaje montañoso (puede recordar mapas corográficos de la época, por ejemplo de la Toscana o de los alrededores de Roma), así como el de Tocuyo (fig. 7.14). En la relación enviada desde este último lugar se explica que «se embía traza

[63] Se conocen cerca de 170. Básicamente se encuentran en el Archivo General de Indias (Sevilla), la Real Academia de la Historia (Madrid) y la Benson Latin American Collection (Universidad de Texas).

[64] La diversidad cultural puesta de relieve por muchos dibujos (se puede hablar de «encuentro cartográfico»), así como la insuficiente calidad técnica de la mayoría, hizo que López de Velasco, decepcionado, se desinteresara del proyecto de realizar un mapa del Nuevo Mundo. Como monografía sobre las trazas de México puede consultarse B. E. Mundy (1996); una perspectiva más amplia sobre la cartografía antigua hispanoamericana en R. L. Kagan (1998).

de este valle y pueblo, lo mejor que se ha podido declarar, en un papel». Obviamente no es obra de un especialista, que en este caso trasluce una impronta marinera en el anónimo autor (el sol y otras estrellas, o la marcación de un viento al lado de la estrella de orientación). Por otro lado, la eficacia transmisora de la idea de feracidad de la tierra está fuera de dudas[65]. La ciudad parece trazada «a cordel y regla», con edificios ingenuamente presentados en perspectiva, lo que, dada la distancia del observador, se puede tomar, en primera aproximación, como una caballera, pero con frecuencia ¡muestran «a la vez» cuatro caras de los paralelepípedos envolventes!

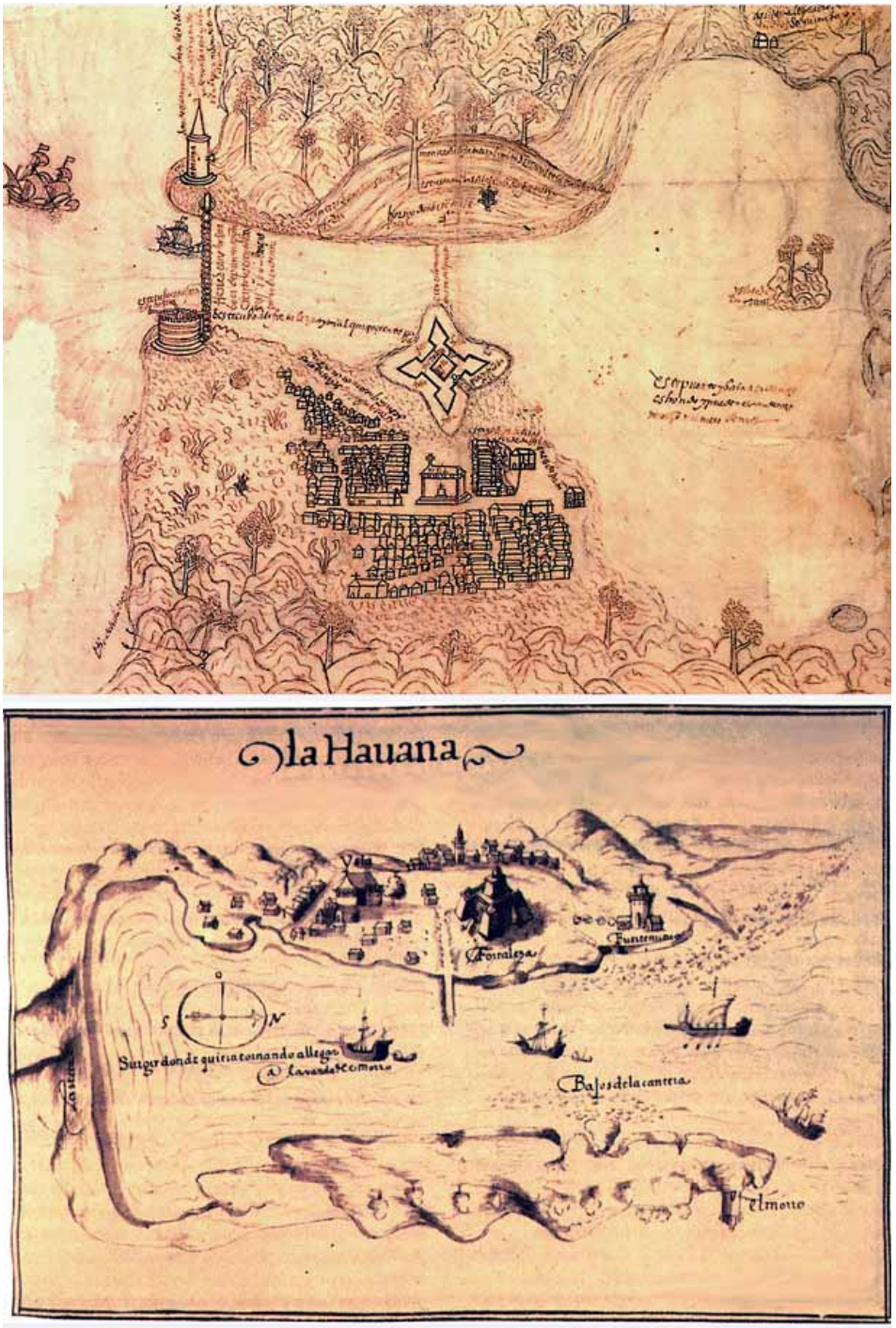
Difícil de reproducir en pequeño tamaño[66], el plano topográfico con canal navegable entre Jerez de la Frontera y el río Guadalete (1581), realizado por Fray Ambrosio Azaro, tal vez con la colaboración del fontanero cordobés Francisco de Montalbán, mezcla planimetría cenital para el territorio (distorsionada para reducir el tamaño del dibujo, pero acotada) e imágenes a vuelo de pájaro, relativas a la ciudad y el puerto proyectado, que se representan muy animados. Es decir, exhibe una cierta dualidad de dibujo técnico-figurativo.

Las dos imágenes de La Habana (fig. 7.15) son ejemplo del empleo simultáneo de diversos sistemas o puntos vista para la representación. En la primera destaca el uso de la planta (signo de importancia) para la fortaleza de cuatro baluartes. Para los edificios pequeños, graduados en tamaño según la lejanía, se usa una suerte de abatimientos de proyecciones pseudo-caballeras de 180 ó 360°. En las fortificaciones de la entrada al puerto y la catedral, así como en elementos del paisaje, dispone otra pseudo-caballera con ángulo de fuga de 45° (la vegetación en lontananza es de idéntico tamaño a la presentada en proximidad). En el segundo dibujo se emplean abatimientos en sentido opuesto en las partes este y oeste (donde el Morro, orografía y vegetación se desarrollan hacia abajo). Destaca una vez más la fortaleza, que ahora se visualiza en pseudo-isometría. Los dibujos de Spannochi sobre Canfranc (fig. 1.9) son un boceto del valle en perspectiva (con una somera acotación dimensional) y la vista de la calle sobre la que reposa el castillo, que no se presenta, de perfil: dada su importancia, se abate la planta. Como es frecuente en los ingenieros militares, los colores codifican la información, no decoran («el pardo es lo viejo», «el colorado es lo que convenía hazerse», «lo de amarillo es lo que sin propósito se añadió»). La figura 7.16 presenta un dibujo de su discípulo Leonardo Turriano, perteneciente a la *Descrittione et historia del regno de l'isole Canarie* (1592)[67], manuscrito que contiene dibujos corográficos, planos de ciudades y de fortificaciones, y otros dibujos, entre los que destaca el grupo que conforma una imagen de los aborígenes. La vista

[65] En el informe escrito se explicita que los «árboles de la tierra que dan frutos y se cultivan son plátanos mayeyes, añones, guanábanas, paños, mameyes, papayas, aguacates, ciruelas, guayabas...».

[66] De 607 × 1.290 mm, véase reproducción en formato razonable en VV. AA. (2001), pp. 235-239.

[67] Ms. 314, Biblioteca de la Universidad de Coimbra (v. F. J. Martín Rodríguez, 1986).



7.15. Coexistencia de perspectivas diversas en vistas de La Habana: *(1) Anónimo (h. 1567), Plano ¿por un militar? (460 × 342 mm): tinta sepia sobre papel (A.G.I., M. y P., Santo Domingo, 4); (2) Ilustración del libro* Luz de Navegantes *de Baltasar Vellerino de Villalobos, 1592 (Bibl. Univ. de Salamanca).* ***Nota****: el norte está a la izquierda en (1) y a la derecha en (2).*

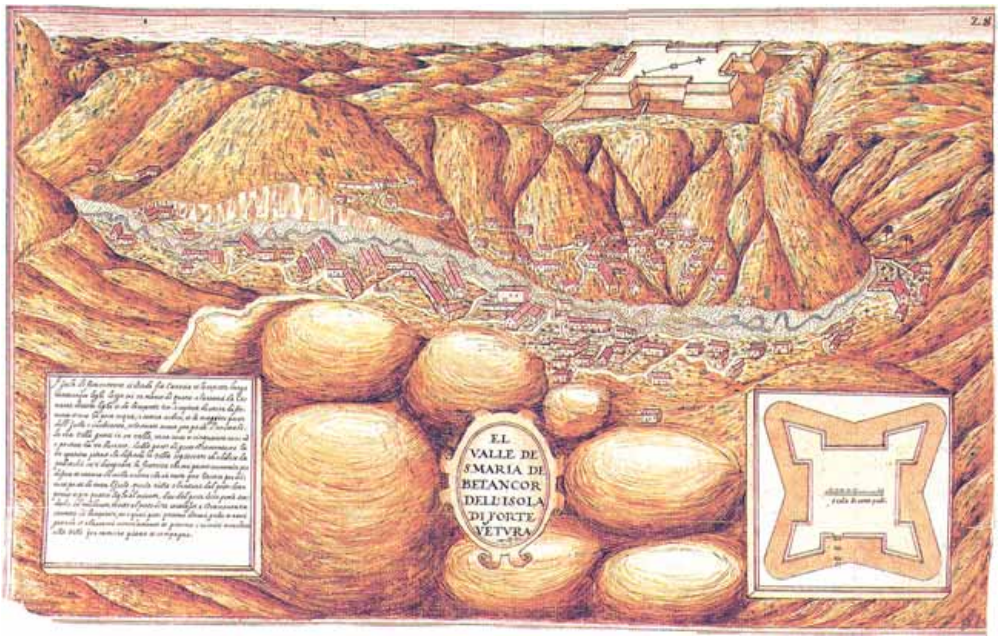
de Betancuria es un delicado esfuerzo por definir a vista de pájaro la ciudad con su entorno y la defensa militar propuesta, de la que no solo se representa en el sitio sugerido en perspectiva cónica como el resto, sino que también se ofrece separadamente su planta con escala. El plano correspondiente a La Laguna muestra las edificaciones en proyección militar, salvo lo que considera más destacado, que es abstraído a su simple planta.

En lo que pictóricamente se da en llamar *perspectiva aérea* no interviene exclusivamente la geometría de la perspectiva lineal o cónica, *perspectiva artificialis*, sino que depende también de variables gráficas. Leonardo da Vinci simula la atmósfera, de modo que lo más alejado ha de pintarse «menos perfilado y más azulado». Mediante el claroscuro, técnica de modelado volumétrico merced al contraste de luces y sombras, o el *sfumato*, reducción de la nitidez con la distancia sumergiendo al objeto en esa especie de neblina provocada por la inmersión en la atmósfera que difumina los colores, se busca una gradación de luz y color, de tonos y sombras que, además de la geometría, ayude a obtener una ilusión de profundidad, a diferenciar primeros planos y fondos. Estos recursos pictóricos no son propios del dibujo técnico, aunque alguna vez se usan en el ámbito militar. La fig. 7.17 es imagen de una magnífica colección coordinada por el cartógrafo e ingeniero militar Pedro Texeira (Lisboa, h. 1595 – Madrid, 1662)[68], discípulo de Juan Bautista Lavaña (†1624). Esta *Descripción* contiene un planisferio y un mapa de la Península Ibérica, diversos mapas y vistas de las diferentes regiones costeras, así como vistas topográficas más particulares. En estas, la defensa de las costas como objetivo militar del encargo «justifica» la perspectiva pseudo-cónica adoptada, permitiendo identificar el posible teatro de operaciones. Las vistas de la colección suelen disponer de escala (en leguas), válida solo en la línea de la costa, así como de una rosa de los vientos con flor de lis, lo que confiere un cierto sabor náutico. En conjunto es un proyecto cartográfico excepcional, con importantes valores informativos y estéticos, que estilística y cronológicamente desbordan el Renacimiento. Ciertamente, Texeira no estuvo en todo el litoral; una prueba de ello es la vista onubense, que, además de algunas incorrecciones morfológicas, representa a Saltés como ciudad viva, con un magnífico recinto fortificado[69].

---

[68] En F. Pereda y F. Marías (2002) se reproducen las imágenes de la *Descripción de España y de las Costas y Puertos de sus Reynos* (Österreichische Nationalbibliothek, Viena, Cod. Min. 46), así como una traducción del texto *De la forma, grandeza, fertilidad y riqueza de España* (Ö.N.B., Viena, Cod. Vin. 5707), ambos de Pedro Texeira, particularmente conocido gracias a su magnífica descripción topográfica de la Villa de Madrid (Amberes, 1656). De Texeira es también el manuscrito de la Biblioteca de la Universidad de Uppsala (h. 1632), reproducido facsimilarmente en P. de Texeira (2001), anterior y con menor desarrollo cartográfico.

[69] Saltés (*Shaltísh*) fue en el siglo xi un minúsculo reino de taifass, absorbido por el poderoso Al Muʿtamid, poeta y rey de la taifa sevillana. Como ciudad dejó de funcionar en el siglo xiv.



7.16. Vista y planta por Leonardo Turriano (1592): Valle de S. María de Betancor Dell isola di Forte Vetura, *en* Descrittione et historia del regno de l'isole Canarie *(fol. 28, 393 × 248 mm; B.U. Coimbra).*

7.17. Perspectiva aérea por Pedro Texeira (1634): Barra y Río de Gibraleón, *vista de la desembocadura de los ríos Odiel y Tinto, con Huelva en el centro. Pertenece a la* Descripción de España y de las Costas y Puertos de sus Reynos *(Ö.N.B., Viena, Cod. Min. 46). Dibujo a tinta, y perspectiva aérea obtenida mediante vivos colores al temple, con goma y sin aceite.*

V

El dibujo arquitectónico: arquitectura civil e ingeniería de fortificación

Sobre la herencia de los maestros góticos franceses y centroeuropeos, así como de los pre-renacentistas toscanos, durante el primer Renacimiento las técnicas del dibujo arquitectónico lograron un importante nivel de madurez. A comienzos del siglo XVI se conocían diversos tipos de perspectivas y se llegó a propugnar el uso sistemático de la tríada básica, planta-alzado-sección, alcanzándose «un grado de virtuosismo y precisión raramente igualado desde entonces»[70]. Nos limitaremos aquí a constatar el empleo de las diversas técnicas gráficas disponibles en la época[71].

El uso de plantas y alzados se observa en multitud de dibujos de la Antigüedad Clásica, pudiéndose comprobar su uso con anterioridad. Tras la caída del Imperio romano, las técnicas de expresión gráfica arquitectónica cuasi desaparecieron, o al menos sus rastros. El primer dibujo arquitectónico potente conocido (h. 820) es el del monasterio de Saint Gall, próximo a Constanza. Se trata de un esquema en planta, en el que se detallan espacios y usos de los aposentos, pero incompleto para definir el complejo arquitectónico. Faltan alzados y secciones.

Nunca completamente olvidado, pero «redescubierto» en Florencia a comienzos del siglo XV, en *De Architectura libri decem,* Marco Vitrubio Polión[72] explicita el empleo de tres «especies» o «clases de disposición» en el dibujo arquitectónico: la *ichnographia,* la *ortographia* y la *scenographia* [lib. I, cap. 2]. Las dos primeras «grafías», descripciones, se identifican sin problema con la planta (*ichno-*, huella, vestigio, planta) y el alzado exterior (*ortho-*, recto, elevación). *Scenographia,* que es tam-

(v. A. Bazzana y J. Bedia García: *Saltés, una ciudad islámica*, Casa de Velázquez, Madrid/Museo Provincial de Huelva, 1993).

[70] C. L. Frommel (1994), p. 101. En el trabajo se sintetiza la génesis y el primer desarrollo de esta inflexión.

[71] Sobre el dibujo renacentista español, J. M.ª Gentil Baldrich (1998) y VV. AA. (2001), que contiene excelentes trabajos, el de Ortega Vidal en particular. En castellano, sobre los conceptos y técnicas del dibujo arquitectónico: J. Sáinz (1990) y J. I. San José Alonso (1997). Apuntes en torno al dibujo de los ingenieros militares, o de las obras públicas en los siglos XVI y XVII: A. Cámara Muñoz (1991) y C. San Antonio Gómez y M. A. León Casas (2002), respectivamente. C. J. Hernando Sánchez (2000) y A. Cámara Muñoz (1994) presentan numerosos dibujos relativos a fortificaciones españolas en los reinados de los Austrias mayores. Por otro lado, los capítulos 6 y 11 en este volumen, sobre «Técnica y estética: los tratados de arquitectura», y «La formulación de los principios de la fortificación abaluartada en el siglo XVI», presentan material complementario.

[72] Ingeniero militar entre los años 84 y 33 a. C., se supone que terminó su tratado h. el 15 a. C. La primera edición impresa en castellano es bastante tardía: v. facsímil de Vitruvio Pollion a cargo de M. Urrea (1582). En edición de 1787, traducido y comentado por J. Ortiz y Sanz: *Vitrubio. Los Diez Libros de Arquitectura* (facsímil: Akal, Madrid, 1987). Véase también el capítulo 6 de este mismo volumen.

bién vocablo de origen griego, aparece solo una vez, en un contexto ambiguo; con carácter general se puede decir que debe añadir información sobre la profundidad. En algunas ediciones, *scenographia* se transforma en *sciografía,* término derivado de *skia,* sombra[73]. Su ambigüedad dio lugar a multitud de interpretaciones alternativas en el Renacimiento[74], oscilando entre modelo o maqueta, el empleo de perspectivas «realistas» (la cónica no podía ser en la época de Vitrubio) y sección en proyección ortogonal. En lo anterior subyace la lucha por la primacía entre las artes: los escultores, defensores de los modelos, eventualmente seccionados, como llegó a hacer Miguel Ángel[75], y los pintores, partidarios de las interpretaciones gráficas, defendidas, por ejemplo, por Sebastiano Serlio[76]. La tercera vía interpretativa fundamental, la sección, fue propuesta en la edición del texto vitrubiano por Daniele Barbaro (de 1556, con dibujos de Andrea Palladio); sin duda la más moderna, es interpretación anacrónica. En cualquier caso, estas tres vías interpretativas informan de tres procedimientos básicos en el proyecto arquitectónico en el XVI. En actitud claramente ecléctica, a finales de siglo se llegaban a aceptar la planta, el alzado, la sección y la perspectiva como «cuatro especies» gráficas definitorias.

La aparición de correlaciones entre planta y alzado, proyecciones ortogonales básicas, se puede rastrear en los maestros góticos, especialmente en estereotomía, mientras que la sección supone una inflexión anunciada en la célebre «Carta o Memoria sobre la Arquitectura» dirigida al Papa León X a finales de la segunda década del Quinientos y atribuida, entre otros, a Rafael Sanzio y a Baldassare Castiglione, así como a círculos milaneses[77]. En la línea albertiana[78], la carta rechaza las perspectivas como expresión del proyecto arquitectónico, subraya la correlación de proyecciones ortogonales y la importancia de la escala; y, como gran innovación, introduce en la sistemática representativa el concepto de sección, lo que permite visualizar el interior, las «parete di dentro». Las tres especies vitrubianas «se tornan» planta-alzado-sección, en dibujos técnicos austeros, con medidas precisas, que requieren una cierta educación para su correcto trazado y lectura. La nueva tríada permitirá definiciones rigurosas de los proyectos arquitectónicos, haciendo viable la neta separación de la labor del arquitecto como proyectista, y la de los diferentes gremios constructores. La Basílica de San Pedro en Roma (1506-1606) es el gran

73 La edición en castellano de Miguel de Urrea (1582) emplea este término.

74 Una anotada reflexión al respecto en J. M.ª GENTIL BALDRICH (1998), pp. 83-112.

75 En un ámbito distinto y muy tardíamente, Juan Caramuel en España (1678).

76 Traducido parcialmente del toscano al castellano por Francisco de Villalpando: S. SERLIO (1552), Ed. Alta Fulla (1990).

77 J. M.ª GENTIL BALDRICH (1998), pp. 57-79, realiza un pormenorizado análisis, matizando los contenidos de las copias existentes, calificándola de auténtico manifiesto.

78 No obstante, Alberti utiliza las maquetas escultóricas como método de representación tridimensional, además de valorar expresiones bidimensionales, como las plantas.

taller donde se pone a punto el nuevo marco operativo para el diseño de edificios. Desde la perspectiva socio-profesional, como se ha dicho, el dibujo proporciona a la arquitectura los instrumentos básicos para su transformación en arte liberal.

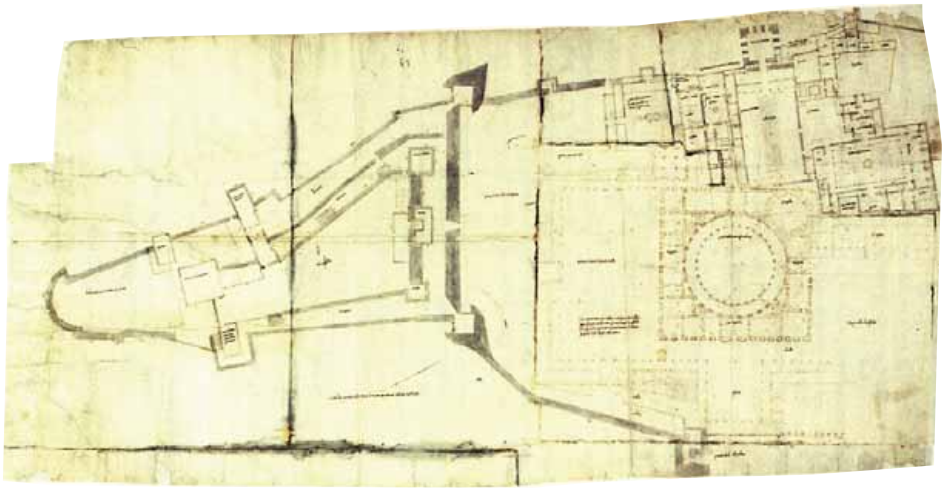
Los tratados de Antonio Labacco (*Libro Appartenente all'Architectura*, Roma, 1555), Daniele Babaro-Andrea Palladio (edición del Vitrubio, 1559) y Jacques Androuet du Cerceau (*Les plus excellents bastiments de France*, París, 1576-1579) proporcionan, entre otros, una visión de conjunto de los sistemas de representación en uso en el XVI, prueba evidente del nivel de madurez alcanzado.

En España, el dibujo arquitectónico o de ingeniería de construcción realizado en ámbitos civiles es heredero de las prácticas gremiales de los maestros de obras (de cantería y entalladores-ensambladores, principalmente). Escasos en la primera mitad del siglo[79], suelen ser técnicamente primitivos, incluso toscos de ejecución, aunque eficaces. La planimetría no se distingue por su precisión, salvo excepciones como las de Rodrigo Gil de Hontañón para la catedral de Segovia o la de Juan de Álava para la iglesia salmantina de San Esteban. Se puede reseñar el dominio de técnicas de la perspectiva lineal por Diego de Siloé (h. 1495-1563) (fig. 7.9.1) o la existencia de una planta como el *Plano parcial de la Alambra de Granada, con la Alcazaba, la Casa Real Vieja y el Palacio de Carlos V*, atribuida a Pedro Machuca (h. 1490-1550) (fig. 7.18). Denominada «Planta Grande», probablemente el documento planimétrico más importante del XVI español, es un levantamiento de la zona en el que se superpone, mediante papeles pegados, el palacio renacentista. Lo representado no coincide con lo construido, por lo que se trata de un documento de proyecto y reordenación, en el que lo existente se significa con aguada en gris, mientras que con rayado oblicuo en tinta sepia se marca lo nuevo, en construcción o proyectado. Dimensionalmente está definido merced a un pitipié presente en la hoja del palacio y diversas cotas de piezas y patios.

En las técnicas para el proyecto de la arquitectura civil será decisiva la influencia italiana a través de Juan Bautista de Toledo y Juan de Herrera[80]. El primero, nombrado «Arquitecto de Su Majestad» en 1561, había trabajado con Antonio da Sangallo *el Joven*, con Miguel Ángel (como segundo arquitecto de la fábrica de San Pedro, 1546-48) y como *regio ingegnere* en Nápoles (1549-59). La contratación de Juan Bautista instaurará un nuevo procedimiento de gestión de las obras reales. De tener maestros mayores (tracistas y directores de obras) independientes para cada sitio, se pasará a la existencia de un estudio central de diseño, «del Alcázar», siendo apareja-

[79] Como en todo lo relativo a mapas, planos y modelos, el incendio del Cubo de las Trazas del Alcázar madrileño en la Nochebuena de 1734 nos ha privado de conocer una parte significativa de la producción nacional de mayor calidad. Afortunadamente, un conjunto de trazas, recuperadas para el Patrimonio Nacional hace aproximadamente un siglo, actualmente depositadas en la Biblioteca del Palacio Real de Madrid, ha llegado a nosotros (VV. AA., 2001).

[80] Incorporado como su ayudante, junto con Juan de Valencia en 1563.

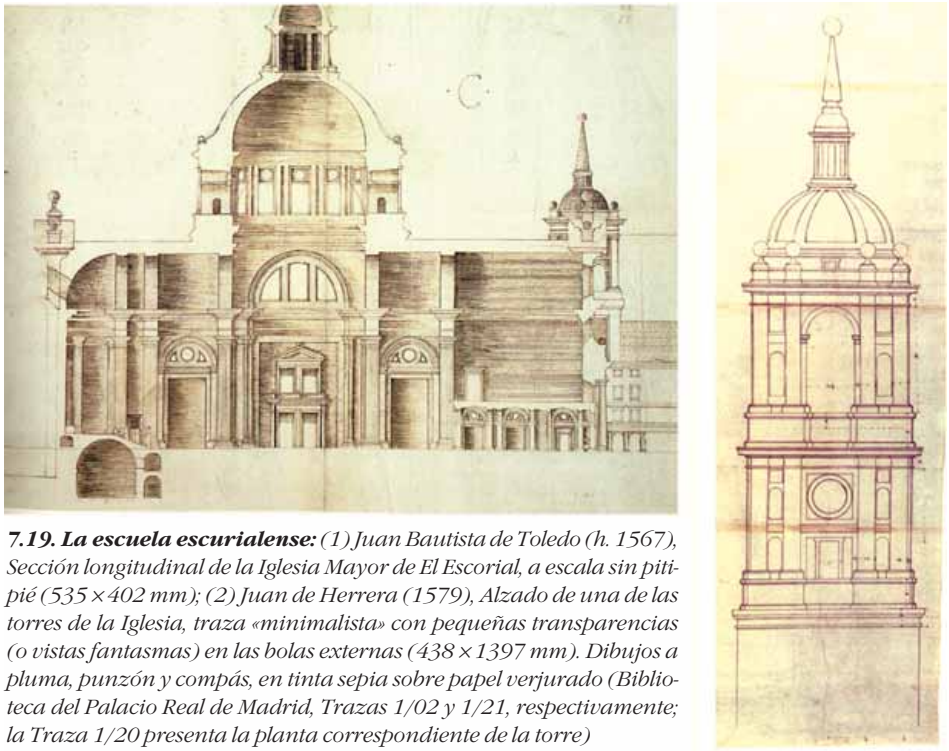


7.18. Representación planimétrica singular: *Pedro Machuca (h. 1527; 1542-50),* Planta grande del complejo imperial de la Alhambra *(629 × 1300 mm). Dibujo a pluma, punzón y compás, en tinta sepia, y aguada gris y azul; papel verjurado (Biblioteca del Palacio Real de Madrid, Traza 2/01).*

dores por obra los encargados de su materialización. La nueva organización de las construcciones reales supone la decidida adopción del modelo profesional vitrubiano-albertiano, con diseño y ejecución separados, en un espíritu centralista, muy filipino, que colaborará decisivamente a la renovación de la expresión gráfica arquitectónica. En cierto modo, los cambios producidos en este ámbito con motivo de la construcción de San Pedro de Roma[81] tendrá su paralelo en nuestro solar con la construcción del monasterio de El Escorial. La escuela escurialense dará luz a un dibujo de notable rigor métrico y geométrico, en una atmósfera predominantemente lineal, con tríadas planta-alzado-sección en correspondencia y «lo que podríamos denominar el «cierre» de la sección vertical, esto es, «la clara delimitación entre el vacío y el macizo que perfila y conforma tanto el límite espacial del interior del edificio como la envoltura volumétrica de su forma exterior»[82]. No obstante, Juan Bautista fue un decidido usuario de técnicas de expresión mixtas, con planos y modelos. Como trazador, más deudor de Sangallo que de Miguel Ángel, no se le conocen obras gráficas excepcionales. Entre otras de gran interés, donde se puede apreciar el mencionado «cierre» de la sección vertical, se encuentra la sección de la iglesia mayor de El Escorial, designada como proyecto «C» (fig. 7.19.1), enviada a la Academia Florentina de Diseño para su informe. A escala aproximada 1/125, aunque

[81] Por donde pasaron Bramante, Rafael, Peruzzi, Antonio de Sangallo *el Joven* y Miguel Ángel, entre otros.

[82] J. Ortega Vidal (2001), p. 371.

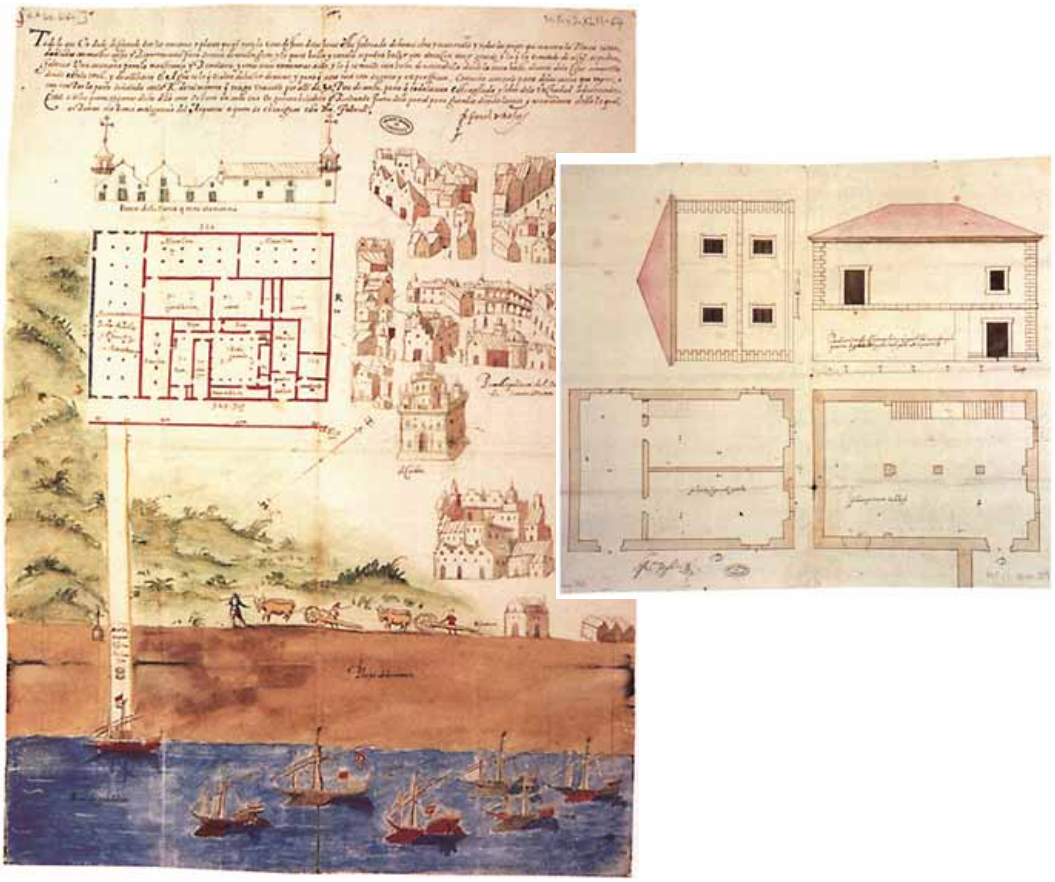


7.19. La escuela escurialense: *(1) Juan Bautista de Toledo (h. 1567), Sección longitudinal de la Iglesia Mayor de El Escorial, a escala sin pitipié (535 × 402 mm); (2) Juan de Herrera (1579), Alzado de una de las torres de la Iglesia, traza «minimalista» con pequeñas transparencias (o vistas fantasmas) en las bolas externas (438 × 1397 mm). Dibujos a pluma, punzón y compás, en tinta sepia sobre papel verjurado (Biblioteca del Palacio Real de Madrid, Trazas 1/02 y 1/21, respectivamente; la Traza 1/20 presenta la planta correspondiente de la torre)*

sin pitipié, emplea el sombreado para marcar volúmenes y profundidades. Análoga sección, pero del edificio construido, se presenta en el grabado de la fig. 5.2.

Si Juan Bautista de Toledo es el introductor de las técnicas del dibujo ortogonal asociadas al proyecto arquitectónico en España, será Juan de Herrera, marginalmente afecto —casi refractario— a los modelos escultóricos, y por tanto más centrado en las técnicas gráficas, quien las irradiará de forma sistemática. La transición entre maestro y discípulo significa un cambio definitivo en los procedimientos de expresión de los proyectos. La mayor destreza gráfica y rigor de Herrera le llevarán a dibujos lineales minimalistas, a escala, correlacionando plantas, alzados y secciones, en cierto sentido muy palladianos (fig. 7.19.2). Muerto Juan Bautista en 1567, las dos décadas siguientes marcarán la difusión del nuevo hacer. Así, son de Juan de Herrera no solo un ingente número de trazas (bocetos, estudios y dibujos de soluciones construidas) para El Escorial, sino también el proyecto para la Lonja de Sevilla (1572), el Ayuntamiento de Toledo (1574, con once plantas, alzados, secciones y detalles, memoria descriptiva, pliego de condiciones y estudio económico; un proyecto «moderno», en suma) y la catedral de Valladolid (1580), entre otros trabajos. Los sucesores de Herrera, Francisco de Mora y su sobrino Juan Gómez de Mora, realizarán trabajos gráficos correctos, a veces brillantes, pero la inflexión en las técnicas de expresión gráfica estaba ya marcada.

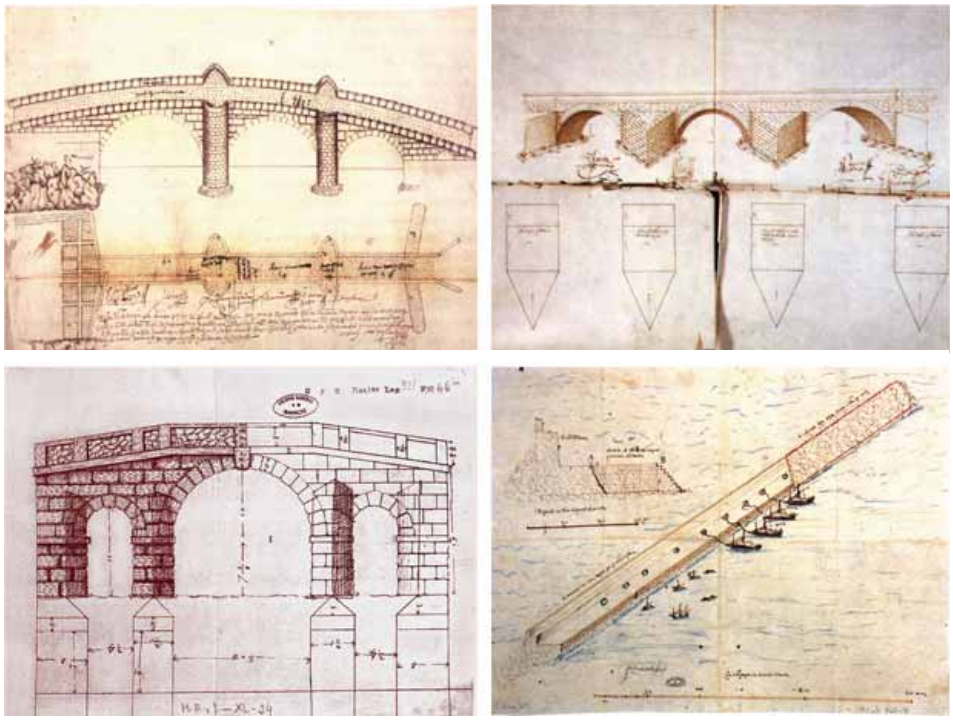
Si bien Toledo fue ingeniero del rey, y se sabe que Herrera fue soldado en San Quintín, ambos representan la renovación del dibujo arquitectónico en el ámbito civil de la construcción. Los ingenieros de fortificación más decisivos fueron en gran parte súbditos italianos, o españoles con estancias en Italia (como es el caso del comendador Escrivá). Constituyen otra vía de incorporación de las nuevas técnicas que posee algunos matices con respecto a la civil. Entre sus rasgos en el empleo de variables gráficas se pueden anotar: la gradación de nitidez en una misma representación, en función de los intereses (lo importante nítidamente reflejado, en caso contrario más difuminado) o el uso sistemático del color como código para la lectura; por otro lado, incorporan recortables o solapas para superponer en los dibujos, así como



7.20. Disparidad técnica en una misma época: *(1) Mezcla de «planimetría» con perspectivas diversas y planta-alzado: Cristóbal de Rojas (1603), casa comprada para almacén de las galeras en el Puerto de Santa María (575 × 422 mm). Dibujo a mano alzada, en tinta sepia y coloreado a la acuarela (A.G.S., G.A. leg. 616, M.P. y D. XLII-64); (2) Plantas y alzados en correspondencia: Jerónimo de Soto (1610),* La casa de la pólvora para Fuenterrabía *(382 × 487 mms). Tinta sepia y aguadas en color (A.G.S., G.A. leg. 743, M.P. y D. XLIV-39).*

frecuentes reclamos o prolijas anotaciones textuales en los mismos planos. Por lo demás, realizan proyecciones correlacionadas (siempre una planta y alzado o perspectiva, o secciones), incluso emplean varias proyecciones-secciones ortogonales (fig. 7.20.2). Para favorecer la «expresividad» de dibujos que habían de ser entendidos en la Corte, el color se aplicará, además de como código, para resaltar los volúmenes, a veces con carácter simplemente decorativo. A menudo se llega a mezclar vistas (a vuelo de pájaro con plantas y alzados, así como diversas perspectivas, cónica y pseudo-caballera), incluyendo anecdóticas figuraciones amenizadoras (fig. 7.20.1).

Las trazas de los tres puentes (fig. 7.21) presentan plantas en correspondencia con los alzados, cuyas proyecciones difieren notoriamente. En la primera (sobre el Nalón) se emplea una suerte de proyección paralela oblicua (con ángulo de fuga de 90° y coeficiente de reducción de aproximadamente 0,7; el terreno está tratado de



7.21. Puentes y muelle: *(1) Diego Vélez y Juan de Cerecedo el Mozo (1577), Puente de Puerto sobre el río Nalón (Archivo Municipal de Oviedo): planta ortogonal y alzado en perspectiva paralela; (2) Gaspar de Vega (1569), Traza para el arreglo del puente de Viveros (535×410 mm): planta con alzado multiperspectivo (Archivo de Protocolos de Madrid, T. 744, fol. 376); (3) Anónimo (1585), Proyecto de puente para Bayona del Tajuña, Madrid: planta y alzado en correspondencia, acotado, sombreado y con texturas (A.G.S., M.P. y D., XL-24, C. y S. Reales leg. 321); (4) Cristóbal de Rojas, Perspectiva seccionada y sección transversal de muelle de Gibraltar (413×547 mms): tinta sepia y acuarela, con código cromático (lo amarillo en pie, lo colorado caído), doble escala (A.G.S., G.A. leg. 691, M.P. y D. XLII-71).*

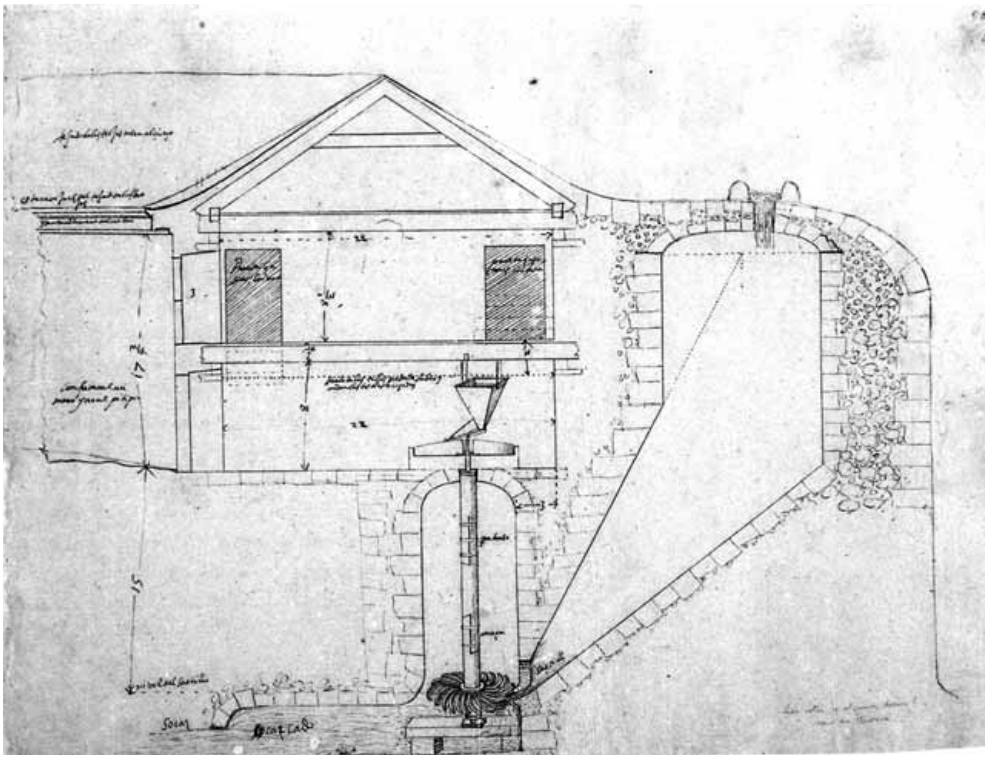
forma anecdótica). La traza del puente de Viveros es arcaizante, superponiéndose una especie de perspectiva paralela oblicua en plano frontal para los tajamares y otra pseudo-cónica frontal con punto de fuga central para el resto. La correspondiente al puente de Bayona del Tajuña es una correcta proyección ortogonal, con acotación bastante sistemática, sombreado y texturas. Una vez más, la peculiaridad reside en el tratamiento de los tajamares, que parecen adosados y transparentes (vistas fantasmas). El muelle de Gibraltar se muestra a través de una proyección caballera (con ángulo de fuga de 45°) y perfil seccionado, cada dibujo con escala diferente.

VI

La representación de máquinas: de «retratos» a esquemas

El desarrollo del dibujo de procesos productivos y máquinas fue realizado en gran parte por las mismas personas que dibujaron edificios, algunos de los cuales —ingenieros militares, sobre todo— también fueron cartógrafos. Por ello, no cabe sorprenderse de que las técnicas de expresión gráfica evolucionen de forma paralela, aunque existan diferencias notables. Conviene recordar que la arquitectura tiene que ver con distribución de aposentos, paramentos y espacios *estáticamente* definidos; sin embargo, en las máquinas importa describir la conexión de los diferentes elementos y sus enlaces, favorecer la intuición de la factibilidad y, a veces, de la eficiencia de los *movimientos* con respecto a los objetivos perseguidos (levantamiento de pesos, elevación de aguas, tallado de objetos, etc.).

En el Renacimiento, además de surgir una visión mecanicista de la naturaleza, susceptible de tratamiento matemático, hay una eclosión de la invención. Se conciben numerosas máquinas o instalaciones, a veces fantásticas. Sin embargo, se conocen menos dibujos de máquinas que de levantamientos cartográficos o de proyectos arquitectónicos. Respecto de esas carencias relativas cabe apuntar: (1) la perduración de los procesos indiferenciados de diseño-construcción (diseño sin dibujos de conjunto), rasgo típico del artesanado; (2) la menor envergadura económica de las máquinas, que no incitaba a representaciones «para archivar»; (3) el interés de silenciar los detalles constructivos por parte de los diseñadores, a pesar de la existencia de «privilegios de invención»; y (4) la limitada garantía de los dibujos de algunas máquinas sobre su eficacia, lo que reduce el interés de los clientes, que además suelen tener dificultades para interpretarlos. Por tanto, no es frecuente adjuntar trazas de máquinas en los contratos de instalación, limitándose con frecuencia las trazas existentes a especificar elementos de las edificaciones en las que se inserta la maquinaria (molinos, por ejemplo, fig. 7.22). Por otro lado, son varias las razones para su pérdida, como la menor perdurabilidad de los ingenios frente a la fábrica que los alberga y su más rápida obsolescencia. Quizás haya que añadir que, salvo excepciones, ni los historiadores del arte, ni los de la ciencia, e incluso muchos de los de la técnica, han prestado atención suficiente a estos dibujos, por lo que cabe esperar que nuestro



7.22. Alzado con sección rectificada para presentar el cubo y uno de los molinos (la maquinaria en perspectiva)*: Francisco de Mora (1596),* Sección del Molino de la Compaña del Escorial *(429 × 565 mm y 435 × 576 mm, respect.). Tanto este como su correspondiente planta son dibujos a pluma y punzón: tinta sepia sobre papel verjurado, ambos acotados y la planta con pitipié, con nota precisando que las medidas han de ser obtenidas «conforme al número y no al pitipié» (Biblioteca del Palacio Real de Madrid, Traza 1/41; la planta correspondiente es la Traza 1/42).*

conocimiento de lo producido en España se vea sustancialmente mejorado en el futuro. A pesar de todo, la información sobre modelos de máquinas existentes u objeto de especulación en la época es bastante amplio, gracias a los tratados conservados.

Desafortunadamente, al igual que en arquitectura, los tratados españoles no fueron muchos, ni su relevancia de primer nivel. Singular excepción es el anónimo manuscrito denominado *Los Veintiún libros de los Ingenios y Máquinas* (BNM, mss. 3372 a 3376), copia de un desconocido original, el más importante texto europeo de la época sobre ingeniería hidráulica (h. 1590-1610), erróneamente atribuido a Juanelo Turriano, y del que se postula su autoría por un altoaragonés[83]. También revis-

[83] J. A. García-Diego, ed. (1996); N. García Tapia (1997). En M. Silva y M. S. Menjón (2001) se da cuenta de un manuscrito de la Biblioteca Nazionale Centrale di Firenze (Panciatichi 200), más sintético y anterior a la copia matritense. Con la ayuda de la Fundación Juanelo Turriano, se está estudiando tanto este

te importancia el cuaderno de notas del castellano Francisco Lobato del Canto (act. 1547-1585)[84]. En España no se imprimió ningún *Teatro de Máquinas*[85], presentaciones escenográficas de multitud de ingenios en los que se glorifica la inventiva y se desarrolla un cierto culto a la máquina, rasgos importantes de la cultura renacentista, aunque quizás insuficientemente valorados.

Los primeros dibujos de máquinas medievales conocidos se encuentran en el cuaderno de Villard de Honnecourt (h. 1250). Su célebre representación de un aserradero movido hidráulicamente[86] es paradigmática de la planitud de los dibujos de máquinas en el medioevo, cuyos elementos se cuasi-abaten sobre un único plano, mostrándose los enlaces de forma frontal. Pre-perspectivos, frecuentemente incompletos y faltos de dimensionamientos, no son fáciles de interpretar. Se pueden leer como esquemas icónicos donde se establece un compromiso entre un cierto nivel de abstracción (esquema lógico-simbólico, quizás destinado a los constructores de la máquina) y un realismo parcial que posibilite su comprensión por no expertos. En cierto modo, los dibujos establecen un diseño parcial que el propio constructor ha de completar, percibiéndose una peculiar división del trabajo creativo. A lo largo de los siglos XIV y XV se irá ganando en verosimilitud volumétrica[87], en un proceso de acercamiento a representaciones naturalistas, quizás destinado a los potenciales patrocinadores de su realización. En el XV, los dibujos se aproximarán a las reglas de la perspectiva cónica, aunque los elementos «se verán» con frecuencia desde puntos de observación diferentes. Más tarde, de la mano de ingenieros sieneses como Mariano di Jacopo, llamado *il Taccola* (1382-h. 1458) o Francesco di Giorgio Martini (1439-1502), así como de Leonardo da Vinci (1452-1509), se evidenciará la utilidad del dibujo para el diseño[88], convirtiéndose definitivamente en «medio para la experimentación en papel», herramienta para bosquejar y corregir en procesos iterativos, no solo para definir el producto, sino también para evaluar sus potencialidades de uso. En suma, el dibujo como *lingua franca* para el «arte de las máquinas».

Arcaísmo figurativo y superposición de perspectivas se solapan en los dibujos de máquinas hasta el siglo XVI. Estas técnicas gráficas perviven durante toda la centuria, aunque la progresiva unificación en los puntos de observación dará lugar a

manuscrito florentino como un tercero, bastante más próximo al madrileño, aparecido en la biblioteca de la familia Torner, en Barcelona, a la que agradecemos la colaboración prestada.

84 J. A. García-Diego y N. García Tapia (1987).

85 A. G. Keller (1964); H. Vérin et L. Dolza (2003), pp. 8-20; intr. de L. Benito (1971) en J. Besson (1602).

86 R. Bechmann (1993), pp. 279; A. Erlande-Brandenburg *et al.* (2001), lám. 44.

87 D. McGee (2002) resume rotundamente el cambio al afirmar que la evolución es «from flat to fat».

88 Véase, por ejemplo, L. Reti (1963, 1974); G. Scaglia (1966, 1992); Taccola (*De Ingeniis*, fac. ed. por G. Scaglia *et al.*, 1984; *Liber Tertius de Ingeniis ac Edifitiis*, fac. ed. por J.H. Beck, Milán, 1969); P. Galluzzi, «Portraits of Machines in Fifteenth Century Siena», en *Non-verbal Communication in Science Prior to 1900* (R. G. Mazzolini, ed.), Bib. di «Nuncius», vol. 11, Florencia, 1993, pp. 53-90.

perspectivas correctas. Hasta mediados-finales del siglo XVIII, en la representación de máquinas e instalaciones fabriles se empleará de forma predominante una simple vista del conjunto[89], sea cónica o cilíndrica (caballera, normalmente). Incluso en ausencia de una teoría formal de trazado, estos dibujos llegan a tener un rigor y una coherencia notables.

Salvo excepciones, no se utilizan tríadas de proyecciones ortogonales; sin embargo, el empleo de secciones (incluso en varios niveles) y transparencias o vistas fantasmas es sistemático, tanto en perspectivas cónicas como en proyecciones paralelas. A veces, para acrecentar el naturalismo, se aplican sombreados y texturas (más raramente, colores). El despiece de un conjunto o máquina se muestra dispersando los elementos (normalmente, en perspectiva a su vez) o exhibiendo montajes parciales; más rara y tardíamente, se presentan vistas «estalladas» de gran modernidad. En los proyectos, a veces se encuentran cotas, no realizándose auténticos dibujos a escala. Tratándose de procesos o dispositivos dinámicos, abundantes reclamos literales dan la clave para explicaciones funcionales o constructivas (donde, por ejemplo, la definición de materiales, de existir, se limita a generalidades como «de madera» o «de metal»).

A pesar de la evolución sufrida, el dibujo renacentista de máquinas no es aún un lenguaje con reglas propias en los que se abstraiga la materialidad subyacente y se ofrezca un trazado sintético, un esquema sobre el que realizar cálculos o razonamientos (como en arquitectura, no se trata de «proyectos» en el sentido moderno de la palabra). Este nuevo paso comenzará a finales de siglo, entre otras razones debido a la consolidación de la mecánica en tanto que *scienza nuova*. El próximo cambio radical en la forma de dibujar máquinas surge a finales del siglo XVIII, cuando se establecen especificaciones geométricas rigurosas para la construcción y se posibilitan diversos cálculos necesarios para el dimensionado.

En la literatura técnica renacentista sobre procesos proto-industriales y máquinas se suelen distinguir dos tipos de aportaciones: los *tratados* y los *teatros de máquinas*. En los primeros —idea de «reducción en arte»[90]— se pretende cubrir el estado del arte en un dominio de la técnica, pero no promover una renovación radical. En su conjunto, de esta literatura técnica se puede inferir una cultura en clara ruptura con la gremial, en el sentido de que se publicita el conocimiento, no guardándose celosa-

[89] De donde W. LEFÈVRE (2003) argumenta sobre la limitación de las técnicas de expresión gráfica para los mecánicos desde un punto de vista cognitivo. En esencia califica los dibujos de máquinas como ilustraciones (uso de perspectivas, representaciones ligadas a la apariencia, apropiadas para comunicar a no-profesionales información acerca de objetos), no como planos relacionados (uso de proyecciones ortogonales, definición de su estructura; para una cierta complejidad, solo legibles por profesionales). En cierto modo es una reformulación del rechazo de Alberti al uso de perspectivas en el diseño arquitectónico.

[90] H. VÉRIN: «La réduction en art et la science pratique au XVI siècle», *Institutions et Conventions*, Éditions de l'EHSS, París, 1998, pp. 119-144.

mente como secreto profesional. No obstante, como autoprotección del autor, hay que reseñar que a veces los dibujos son deliberadamente incompletos.

De los múltiples tratados publicados en diversos dominios, solo se apuntará el de Georg Agrícola, *De Re Metallica* (Basilea, 1556)[91]. Elaborado a lo largo de unos veinte años, el texto estuvo aparentemente terminado en 1550. Agrícola confiesa en su prólogo:

> He contratado ilustradores para delinear sus formas, no sea que descripciones expresadas con palabras no sean compresibles a los hombres de hoy, o causen dificultades con posteridad.

Quizás quepa recordar que en el siglo XVI existía una población en su mayoría analfabeta, que dependía de las ilustraciones para informarse, en general. El tratado de Agrícola es un texto técnico soberbiamente ilustrado, aunque admite «lecturas» parciales como colección de dibujos. Precisión y belleza según cánones renacentistas son características de este primer impreso sobre la minería basado en la observación y análisis de los procesos, en el que se destacan multitud de detalles sobre elementos o subconjuntos. Agrícola enviaba artistas a las minas para que reprodujeran rigurosamente las máquinas e instalaciones. Concebidas las ilustraciones desde una visión escenográfica (costumbrista y paisajística), plasmando los procesos desde una cierta atemporalidad, un perceptible «horror vacui» lleva a los ilustradores a insertar anécdotas en las escenas, incluidos míticos duendes del bosque o angelotes sopladores (símbolos de los vientos). Su publicación se demoró hasta 1556 (Agrícola falleció en noviembre de 1555). El retraso hasta que fue enviado al impresor, en 1553, se debió a la preparación de las 289 xilografías que lo ilustran (figs. 13.4 y 6, 17.19). Aunque Agrícola no nombra a los artistas que colaboraron, parece que bastantes bocetos fueron preparados por un tal Blasius Weffring. Se emplean perspectivas varias (lineal, predominantemente, y caballera), secciones (incluso irregulares), vistas fantasmas, montajes de subconjuntos, algunas construcciones geométricas, despieces (enumerativos, dispersos, que a veces ofrecen variantes a dispositivos como fuelles, ventiladores, bombas para elevar agua, etc.), plantas de edificios fabriles (únicos casos en los que se acotan dimensiones, mientras que en el resto se emplea solo una escala relativa, antropocéntrica), sombreados y reclamos para conectar el texto.

Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas, con más de quinientas ilustraciones contiene: vistas corográficas con obras, plantas de edificios y fábricas (fig. 17.16), máquinas para elevar pesos y aguas (figs. 1.5 y 1.6), herramientas e instrumentos de nivelación (fig. 1.7) o propuestas de modelos tipo para construcciones (fig. 9.14). Realizado en un *scriptorium* cortesano hispano no identificado, las ilustraciones se deben a varios dibujantes que trabajaban a la vez que los copistas del texto. Son más desornamentadas, menos escenográficas, «más técnicas» que las del

[91] Traducción al inglés de H. C. y L. H. HOOVER (Dover ed., Nueva York, 1950).

libro de Agrícola, pero en su conjunto emplean análogos recursos gráficos, aunque con matices. Parcialmente perteneciente a un ámbito de ingeniería de construcción, e influido por el modelo vitrubiano, no ha de extrañar que exista un significativo número de plantas, a veces en conjunción con perspectivas (normalmente cónicas, en algún caso cilíndrica).

También, para algunas construcciones (armaduras para azudes de madera, por ejemplo) se usan alzados en proyección ortogonal, en diversos casos plantas, y se definen dimensiones con acotaciones esporádicas en dibujos que, no siendo más que modelos, no están a escala. Se emplean secciones, despieces e incluso se proponen variantes técnicas para elementos (por ejemplo, de cangilones en norias). Uno de los rasgos diferenciadores con los dibujos de Agrícola es un mayor uso de la abstracción geométrica, tanto en temas topográficos (perfil longitudinal de una serie de molinos en cascada, división de tierras, etc.), constructivos (dimensionado de pilares para puentes, por ejemplo), y lo que es más novedoso, en algunas máquinas (por ejemplo, el ángulo de ataque del agua sobre los álabes de un rodezno, como se comentará). No se usa el color, prácticamente no se emplean texturas y los sombreados solo escasamente. Aunque se observa una «mano animadora», al decir de Ángel del Campo[92], la ambientación es más contenida, persiguiéndose simplemente definir un ámbito de uso. A diferencia del conjunto de ilustraciones del libro de Agrícola, la calidad de los dibujos dista de ser uniforme.

De idéntica temática y estructuración, y anterior al manuscrito de Madrid, es el mencionado *Trattato dell'Acque*[93]. Mucho más corto que *Los Veintiún Libros* (84 folios y 342 figuras, frente a los 483 folios y 506 figuras), es también anónimo. No está fechado, pero datos indirectos permiten datarlo con seguridad después de 1585, probablemente antes de 1590. Los dibujos, realizados a mano alzada, en algunos casos simplemente esbozados, son de una gran belleza, basándose el códice florentino mucho más en los dibujos que el matritense. La familia Torner, de Barcelona, posee un manuscrito muy próximo a *Los Veintiún Libros* (611 páginas y unas 600 figuras; actualmente en estudio conjunto con el anterior), también anónimo y no fechado, aunque parece ser algo más tardío. Entre sus «pequeñas» diferencias se puede anotar la existencia de un apéndice sobre *Principios de Geometría*, aunque el uso de esta en el texto es el mismo que el del códice matritense. Las colecciones de dibujos en los tres códices son puntualmente complementarias, permitiéndose mejorar la reconstrucción de lo que pudo haber sido un potencial códice «completo»[94].

---

92 Á. del Campo Francés: «Apunte iconográfico sugerente sobre los *XXI Libros*», *Revista de Obras Públicas*, febrero 1989, pp. 196-202. Un análisis de los dibujos del códice lleva a clasificarlos artísticamente en cuatro niveles de calidad.

93 Un primer análisis de este códice en M. Silva y M. S. Menjón (2001), pp. 113-124.

94 La Fundación Juanelo Turriano nos ha apoyado en el estudio de estos códices. Agradecemos su ayuda, especialmente en la persona de Javier Goicolea, su director hasta 2004.

Las ilustraciones del cuaderno de notas de Francisco Lobato, no especialmente hábil como dibujante (figs. 17.1-3), son bastante más primitivas, evidenciándose entre otros atavismos frecuentes abatimientos sobre el plano del dibujo.

Los teatros de máquinas[95] son libros impresos (inicialmente en Francia e Italia, posteriormente también en Alemania) que ofrecen singulares espectáculos de la innovación mecánica[96]. Si los tratados son textos que pueden estar profusamente ilustrados, los teatros de máquinas son colecciones de dibujos (xilografías o grabados en cobre, normalmente a página completa) acompañados por comentarios más o menos técnicos en los que se declaran el objeto y el fundamento de la máquina o instalación dibujada. Presentaciones escenográficas con evidente intención de impactar, retóricas en el amplio sentido del término, muestran multitud de variantes de ingenios, a veces instalaciones o máquinas «imposibles».

Durante el siglo XVI, la representación de las máquinas se realiza en gran parte según las técnicas de la pintura, empleando perspectivas sobre fondos paisajísticos o productivos que intentan transmitir una impresión de verosimilitud. Con el tiempo van surgiendo figuraciones más abstractas en las que se produce un empobrecimiento del marco de la presentación, concentrándose las imágenes en los rasgos más relevantes de la maquinaria, con despieces parciales, secciones o/y vistas fantasmas.

Jacques Besson publica el primero en latín: *Instrumentorum et Machinarum* (h. 1570), contándose entre los ilustradores a Jacques Androuet du Cerceau[97]. Entre los diversos «teatros renacentistas» impresos, se pueden apuntar:

Jacques Besson, *Théâtre des Instruments Mathématiques et Mécaniques* (Lyon, 1578, impreso en castellano en 1602): 60 dibujos a página completa.

Agostino Ramelli, *Le diverse e Artificiose Machine* (París, 1588): 174 dibujos a página completa y 20 a doble página.

Vittorio Zonca, *Novo Teatro di Machine et Edificii* (Padua, 1607): 42 dibujos a página completa.

Fausto Veranzio, *Machinae Novae* (Florencia, 1615; edición pentalingüe, en castellano en particular).

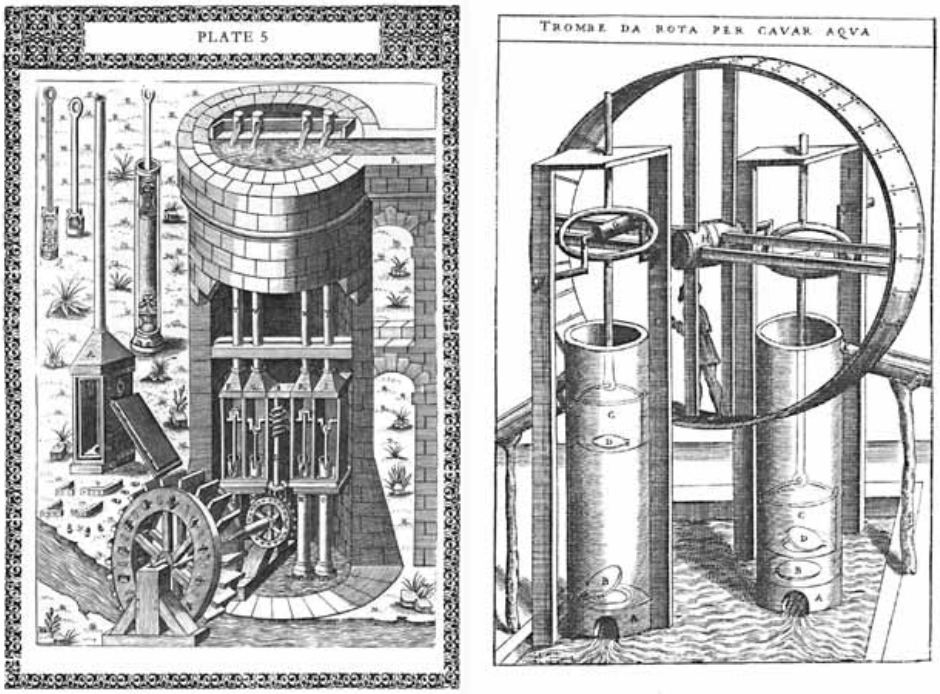
Salomon de Caus, *Les raisons des forces mouvantes, avec diverses machines tant vieilles que pleasantes*... (Fráncfort, 1615): 51 dibujos a página completa y 29 más pequeños, en páginas con texto.

---

95 «Teatro» se toma en su acepción más genérica, recogida en el *Diccionario de Autoridades* de la Real Academia Española (1739), aún mantenido en el DRAE, de «lugar donde una cosa está expuesta a la estimación o censura de las gentes», acepción empleada, por ejemplo, en el mencionado *Teatrum Orbis Terrarum* (1570) de A. ORTELIUS.

96 Este género literario es fundamentalmente disjunto, aunque complementario, del que sienta las bases de la mecánica como ciencia matematizada (v., por ejemplo, W. R. LAIRD, «The scope of Renaissance Mechanics», *Osiris*, 2, 1986, pp. 43-68).

97 Posteriormente fue traducido al francés con comentarios de François Beroalde, introduciéndose en esa edición de 1578 la denominación genérica «Teatros de Máquinas».



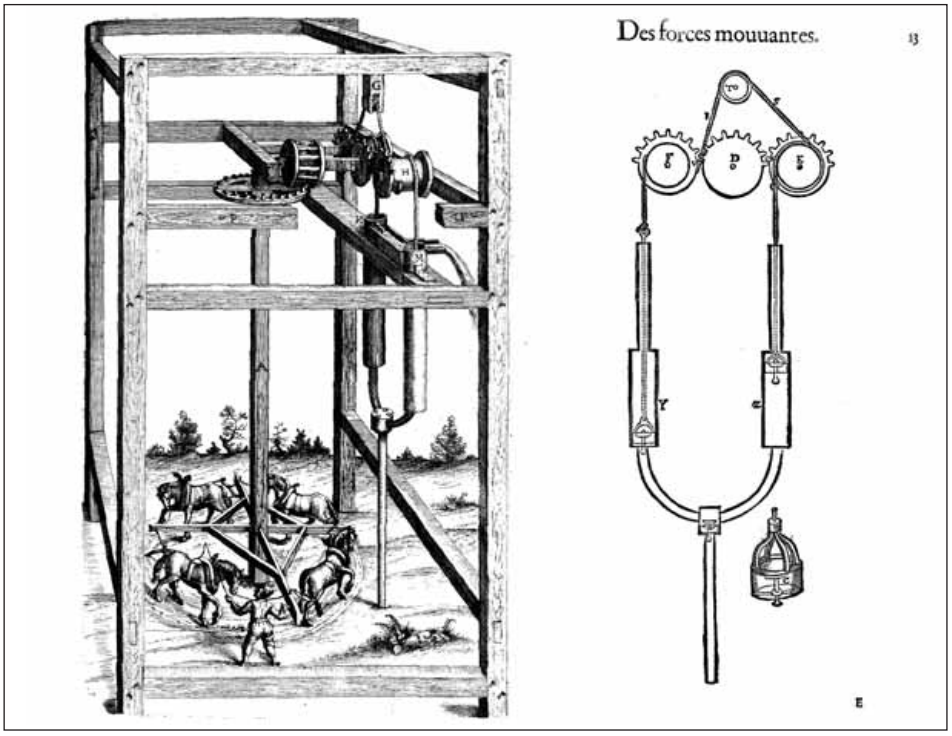
7.23. Secciones y vistas fantasmas: *(1) Agostino Ramelli,* Le diverse et artificiose machine *(1588): perspectiva cilíndrica seccionada y despiece; (2) Vittorio Zonca,* Novo Teatro di Machine et Edificii *(1607): perspectiva cónica con vistas fantasmas. Grabados al cobre*

Giovanni Branca, *Le Machine* (Roma, 1629): 77 xilografías de factura popular a página completa, algunas inacabadas.

La obra de Ramelli destaca por la magnífica calidad, uniformidad de estilo y cantidad de sus grabados, con 110 máquinas para elevar agua, 35 molinos y 10 grúas, entre otras propuestas. Emplea con profusión proyecciones cilíndricas (básicamente caballeras, con ángulos de 45° y 90°; fig. 7.23.1), también perspectivas cónicas, con frecuencia en conjunción con secciones (incluso en dos niveles). Despieces más ordenados que en *De Re Metallica* y algunas vistas «estalladas» conviven con sombreados, texturas y frecuentes atavismos decorativistas (paisajes, anécdotas). Como en *Los Veintiún Libros de los Ingenios y las Máquinas,* en el realista *Novo Teatro* de Zonca hay, además, vistas fantasmas (fig. 7.23.2) y perspectivas a vista de pájaro.

Salomón de Caus tiene pretensiones más teóricas y emplea definiciones, teoremas, demostraciones y problemas como elementos estructuradores de un texto que frente a la imagen gana en presencia relativa. Además de usar grabados pequeños intercalados entre definiciones y teoremas vinculados a los problemas, introduce grabados a página completa (en perspectiva cónica con sombreados y texturas; en ocasiones, con algún subconjunto separado, que así queda enfatizado). Muy indicador de la evolución, tras presentar una máquina en perspectiva cónica, en un par de ocasiones declara que «a cause que la precedente machine est fort difficile à entendre, j'ay mis icy son Ortographie»; es decir, ante posibles confusiones, clarifica la

situación con esquemas en proyección ortogonal (fig. 7.24)[98]. En algún edificio, o en la definición de una máquina[99], coloca planta y alzado seccionado en correspondencia. En los grabados pequeños se usan tanto la perspectiva cónica (a veces frontal, comprendiendo por tanto un alzado, en correspondencia con una planta) como alzados o esquemas puramente geométricos. Pero los dibujos no solo «retratan» las máquinas, sino que esquematizados, geometrizan el problema permitiendo razonamientos o cálculos aún rudimentarios (fig. 7.25). Ya esencialmente geométrico es el dibujo mostrado en la fig. 4.4: Cristóbal de Rojas presenta, sin demostrar su corrección, una técnica para graduar un nivel de tranco rectángulo[100]. Figuras aná-

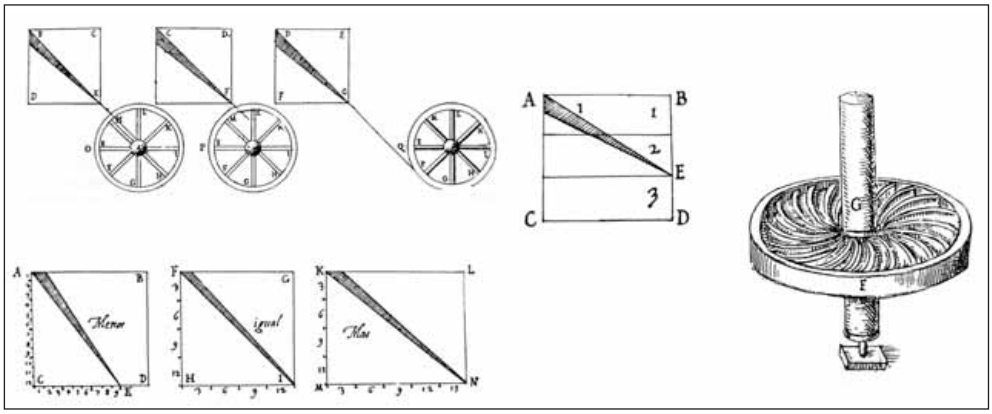


7.24. Perspectiva central y esquema aclaratorio en proyección ortogonal: *Salomón de Caus,* Les raisons des forces mouvantes, avec diverses machines tant vieilles que pleasantes... *(1615).*

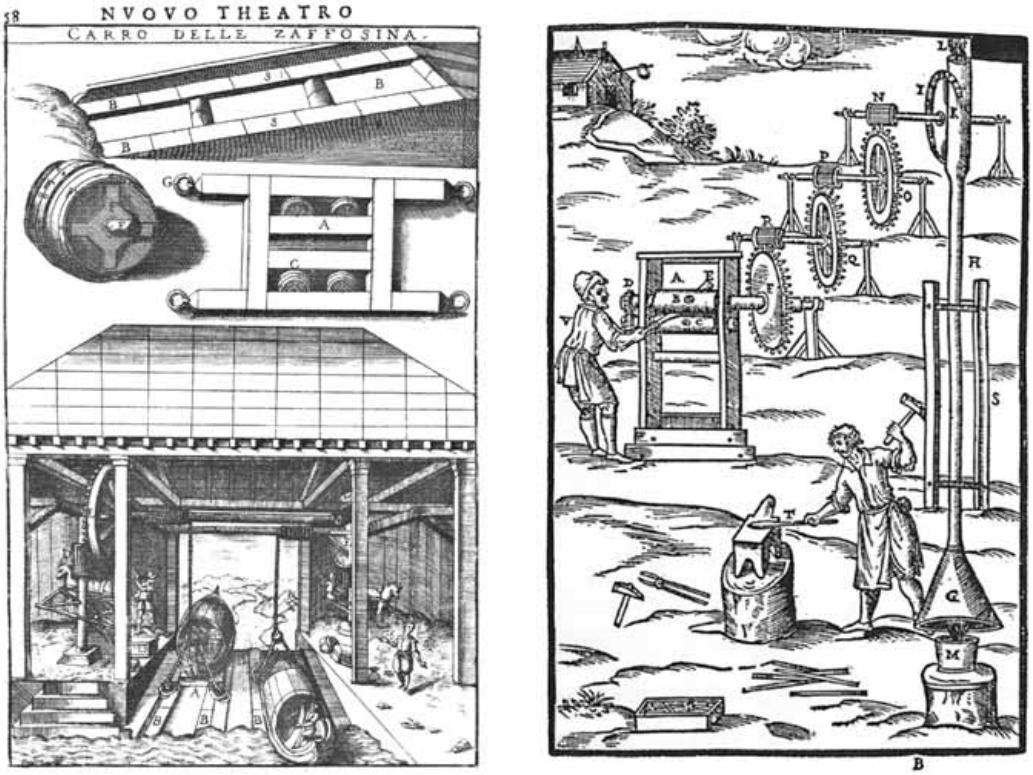
[98] La transformación de perspectivas en proyecciones ortogonales geometrizadas (la transformación de *pictures* en *plans*, según W. LEFÈVRE, 2003) se avanza en los tratados sobre mecánica teórica, tipo de literatura que por razones de espacio no se puede analizar aquí (v., por ejemplo, Guidobaldo DEL MONTE: *Le Mechaniche,* Venecia, 1581, fol. 102).

[99] Un órgano musical para el que dispone, además, una perspectiva cónica desde abajo (lib. III, fol. 11r).

[100] En Andrés GARCÍA DE CÉSPEDES: *Libro de instrumentos nuevos de Geometría, muy necesarios para medir distancias, y alturas, sin que intervengan numeros* (Madrid, 1606), se describe la «fabrica» (realización), «demostración» (explicación matemática del fundamento) y «uso» de un nivel de



7.25. Geometrización de los razonamientos sobre eficiencia *(ángulo con el que «la agua vaia a herir en las palas de la rueda», y cómo «asentar de las ruedas»): Volumen III de* Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas *(h. 1590-1610; B.N. de Madrid, Ms. 3374).*



7.26. (1) Vittorio Zonca, Novo Teatro di Machine et Edificii *(1607): bipartición de la imagen;* ***(2) Giovanni Branca,*** Le Machine *(1629): ingenuidad gráfica con abatimientos parciales (frecuentes en el medioevo), instalación de «imposible» funcionamiento.*

logas que contienen en el códice Torner de ingeniería hidráúlica, añadidos en páginas que inicialmente quedaron en blanco.

En «los teatros» se reconoce la necesidad de una apoyatura textual. En líneas generales, se evoluciona reduciendo la retórica hacia un mayor rigor, al tiempo que el texto adquiere mayor relevancia. Su epítome se debe a Jacob Leupold, miembro de la Academia de Berlín: *Theatrum Machinarium* (10 vols., Leipzig, 1724-39, con más de 500 grabados). Paralelamente, «los tratados» convergen hacia la monumental *Encyclopédie* de Diderot y D'Alembert (París, 1751-72), que categóricamente resume la importancia concedida al dibujo en su folleto de presentación (1750): «Un coup d'œil sur l'object ou sa représentation en dit plus long qu'une page de discours». En la *Encyclopédie,* como en los teatros, se hace evidente la doble consideración del uso de la máquina, herramienta manipulada por operarios en un ambiente fabril, y la definición más abstracta, «formalizada», de (sub)conjunto(s) o de las piezas más significativas, a veces descontextualizadas, pretendidamente con rigor formal. Se trata de una dualidad (figurativa *vs.* técnica) de las imágenes que se puede rastrear en dibujos de comienzos del siglo XVI, en diversos tratados (el de Agrícola, aun en forma rudimentaria, o en *Los Veintiún Libros*) o en teatros de máquinas (Ramelli o Zonca, fig. 7.26.1, por ejemplo). La primera línea expresiva se acerca más al dibujo artístico que la segunda, catalogable de «técnica», donde a pesar de los progresos señalados en la definición de piezas, máquinas o instalaciones, no se emplean de forma sistemática plantas-alzados-secciones[101].

El tratado *De re aedificatoria* de Alberti, de mediados del siglo XV y la mencionada carta a León X, de finales de la segunda década del XVI, son hitos en la conceptualización del dibujo de arquitectura, que no tienen equivalente para el dibujo de máquinas, de más lenta evolución, condicionada por los procesos económico-productivos. Un cuarto de milenio después, la revolución industrial provocará la definitiva evolución desde la artesanía mecánica: la producción de series de máquinas (en procesos repetitivos y parcelados, en el marco de una progresiva división del trabajo) o la necesidad de sustituir sistemáticamente piezas mediante repuestos necesitan de definiciones «completas» de las piezas, sin ambigüedades, con mayores precisiones dimensionales. Corolario natural será el fuerte impulso a la esquematización y codificación del dibujo mecánico, introduciéndose estilos gráficos y normas legi-

tranco rectángulo (i.e., el ángulo central es de 90°). Lleva a cabo la demostración formal de su corrección empleando diversas propiedades en *Euclides* (libros I y III).

101 M. POPPLOW (2002, pp. 68-69), en un esbozo sobre un molino dibujado por el ingeniero Heinrich Schickhardt (h. 1610), constata el uso de una sección vertical en correspondencia con una vista desde arriba y sugiere la posibilidad de un empleo relativamente generalizado de plantas-alzados por los ingenieros mecánicos, que no se observa en los tratados o teatros de máquinas. Ahora bien, aun siendo cierto que las proyecciones ortogonales son «menos fáciles» de leer que las vistas, también lo es que en tratados de arquitectura como el paradigmático de A. Palladio, 1570, dirigidos en gran parte a los mismos profesionales, se usan profusamente.

bles por un amplio conjunto de destinatarios potenciales. Pero esta evolución tendrá lugar a partir del último tercio del XVIII. En otros términos, el abandono del realismo pictórico merced a esquematizaciones geométricas y el dimensionado sistemático será un proceso lento, iniciado en el Renacimiento, que se consolida al finalizar la primera revolución industrial, dando lugar a un dibujo mecánico más próximo al de nuestros días, en el que los procesos de abstracción y normalización son predominantes. Sin duda, los métodos de representación más abstractos y precisos requieren de una formación específica en el observador, de la misma manera que para la lectura de una partitura musical se necesita conocer solfeo.

VII

A modo de epílogo: el Renacimiento como punto de inflexión en las técnicas de representación. Maquetas y dibujos

En la representación de realidades tridimensionales, junto a los dibujos desempeñan un papel destacado las maquetas que, quizás por voluminosas, pasan con frecuencia a la categoría de elementos de los que «conviene» deshacerse. Permítasenos apuntar que, durante el Renacimiento, tuvieron una enorme importancia, tanto en las representaciones corográficas (sobre todo, en el ámbito militar)[102] como en las arquitectónicas (especialmente en el diseño de edificios de gran representatividad)[103], o en las del «arte de las máquinas»[104]. Por ejemplo, en el ámbito arquitectónico, la disputa modelos *vs.* trazas (i.e., maquetas escultóricas *vs.* dibujos) refleja la de la escultura *vs.* la pintura, aunque tanto Alberti como Miguel Ángel o Juan Bautista de Toledo usan dibujos y maquetas de forma complementaria. Valga como observación que las maquetas de máquinas o las arquitectónicas no aportan información útil sobre los aspectos resistentes de las estructuras soporte, por lo que no es argumento de superioridad frente a las representaciones gráficas.

Existen evidencias del uso de maquetas en la Antigüedad, particularmente en Grecia y Roma, aunque no durante la Edad Media. La aceleración de los procesos de innovación técnica que propicia el Renacimiento potencia su uso como medio de representación en competiciones por proyectos arquitectónicos y mecánicos, así como en la concesión de privilegios de invención. En el caso de las máquinas se

[102] En España no se han conservado, pero se sabe de su abundancia por documentos escritos. En Francia, aunque esencialmente del siglo XVII, el *Musée des Plans-Réliefs* conserva una magnífica colección maquetas urbanas en las que se incide en sus defensas.

[103] H. A. Millon (1994), pp. 19-73, presenta una visión italocéntrica. En el ámbito español, v. J. M.ª Gentil Baldrich (1998).

[104] M. Popplow (2002) es un ensayo dedicado, esencialmente, a explorar funciones epistémicas de los modelos modernos de máquinas de la época, considerándolos en tanto que precursores de dispositivos experimentales, así como su relación con la mecánica pre-clásica.

podían presentar notorios problemas con la «demostración» de su funcionamiento (ya que para la funcionalidad esperada cuentan aspectos cinemáticos y dinámicos, así como los relativos a la precisión con la que se materializan articulaciones, estanqueidades, etc.). Dicho de otro modo, aunque informaba, el éxito o el fracaso de la maqueta de una máquina no constituía, en general, ni condición necesaria ni suficiente en relación con la funcionalidad esperada (de este modo, fallos en la realización del modelo a escala podían inducir a abandonar innovaciones útiles). En los siglos XVI y XVII abundan las referencias documentales a maquetas corográficas, arquitectónicas y mecánicas, pero no conocemos modelos operativos españoles anteriores al siglo XVIII. En cualquier caso, es un tema insuficientemente estudiado.

Centrados en el dibujo, en el Renacimiento se recupera y perfecciona la tradición cartográfica helénica, resumida en el legado ptolemaico. Se desarrollan nuevas proyecciones (la náutico-mercatoriana, la cónica con dos paralelos estándar, la sinusoidal...) para trasladar la retícula terrestre de meridianos y paralelos, y se elabora un «retrato» aceptablemente «completo» de la realidad geográfica del planeta. Entre tanto, la representación del relieve deambula por derroteros más pictóricos que geométricos, siendo asignatura pendiente en una cartografía cuyo siguiente salto sustancial se producirá en el siglo XVIII. Dentro de un marco global con el realismo como ambición, las vistas corográficas también tienen un importante desarrollo. En la representación arquitectónica se introduce el uso sistemático de la tríada planta-alzado-sección, a veces complementada con perspectivas cónicas, que quedan rigurosamente establecidas. Si el diseño de la fábrica de San Pedro en Roma ayuda a cristalizar en Italia el nuevo dibujo arquitectónico, la obra de San Lorenzo de El Escorial, ya bajo la batuta de Juan de Herrera, cumplirá análogo papel en España. En el ámbito de la ingeniería militar se emplean con frecuencia proyecciones paralelas oblicuas que preservan las plantas, así como aproximaciones a la isométrica, no totalmente fundamentadas, pero manejadas con apreciable rigor. En el dibujo de máquinas se usa preponderantemente el esquema de una máquina, mediante una vista en perspectiva (cónica o caballera), con secciones y vistas fantasmas, despieces, vistas «estalladas», etc. Además, se emplean proyecciones ortográficas esquematizadas. Es decir, se avanza en el camino de la esquematización, de la abstracción geométrica: es el comienzo de una evolución que al terminar el Siglo de las Luces, bajo el impulso de la revolución industrial y el desarrollo de la Geometría Descriptiva, así como de la progresiva definición de normas, preparará el camino para el «nuevo» dibujo técnico que cristalizará durante el XIX. En lo referente a variables gráficas, con líneas, luces y sombras, texturas o colores (como códigos operativos, como «recursos para dotar de realismo» o simplemente con pretensiones estéticas), el dibujo técnico acude a recursos análogos a los meramente pictóricos, aunque con mayor justificación funcional.

Conviene resaltar que el desarrollo de las técnicas de representación gráfica y su incorporación a la praxis dominante no corren parejas. Además del consabido retraso que discurre desde la innovación técnica hasta que su uso se generaliza, ade-

más de las disimetrías que introduce la calidad de los ejecutores de los dibujos, su empleo no puede contemplarse en una misma área geográfica con carácter puramente acumulativo o lineal. De este modo, ilustraciones del siglo XV (por ejemplo, de Francesco di Giorgio) podrán ser notoriamente «más modernas» que otras del XVII, en la misma Italia central (fig. 7.26.2)[105], o los dibujos de Spannocchi son de mayor calidad que los de sus discípulos. Sin embargo, se pueden observar importantes correlaciones en las técnicas expresivas utilizadas en las diversas áreas disciplinares de la ingeniería, la arquitectura e incluso la cartografía.

Se suelen anteponer los desarrollos perspectivos como los rasgos principales del dibujo renacentista. Sin embargo, en el ámbito de la técnica, esas imágenes de «apariencia», meramente ilustrativas, «retratos», no tienen la trascendencia de la introducción de la tríada planta-alzado-sección, cuyo trazado se terminará de formalizar con la Geometría Descriptiva, al terminar el siglo XVIII. De este modo, en el Renacimiento se dibujan también imágenes conceptuales, con finalidad técnica, esencialmente definitoria, dimensional. Las proyecciones paralelas, ortogonales u oblicuas, desempañan un papel intermedio, conciliando en parte circunstancia y definición dimensional. Análogamente, en esta época se prepara la evolución desde las vistas corográficas a mapas y planos topográficos geométricamente mucho más rigurosos, cuestión que cristalizará al finalizar el Siglo de las Luces.

La inflexión en el conocimiento y difusión de las técnicas gráficas tiene importancia adicional por su impacto socio-profesional. Por un lado, se pueden identificar maestros de «hazer cartas», con origen en la tradición mecánica de la navegación y posteriormente en la liberal de la cosmografía. Por otro, maestros de obras, agrimensores y «oficios matemáticos» diversos (ingenieros militares, en particular) se afanan en «pintar territorios». En su conjunto, aunque con matices, los «maestros cartógrafos» pasan a ser considerados ejercientes de un arte liberal. Unida al tronco de la geografía, la cartografía se independizará como disciplina científico-técnica en el siglo XIX.

Mayor impacto, si cabe, tienen las nuevas técnicas del dibujo como instrumento diferenciador de categorías socio-profesionales en el mundo de la construcción y del «arte de las máquinas», permitiendo geometrizar el espacio y los mecanismos, así como experimentar sobre el papel. De acuerdo con una visión platónica del diseño, considerando primordialmente su dimensión cognitiva en relación con la concepción de formas, el dibujo adquiere rango de instrumento esencial para la expresión de ideas y artificios[106]. Su dominio permitirá separar las tareas de diseño y de realización, posibilitando así la identificación de arquitectos e ingenieros, nuevos profesionales de artes liberales que de este modo quedan segregados de los oficios gre-

[105] A veces, las imprecisiones técnicas ocultan la carencia de soluciones a problemas clave.

[106] A. FERGUSON (1992); H. VÉRIN (1993), pp. 160-166. Sin embargo, el papel de la ilustración en las ciencias es aspecto más controvertido: v., por ejemplo, G. BARONCINI, «Note sull'Illustrazione Scientifica», *Nuncius* (XI-2), pp. 527-543, 1996.

miales. Sin lugar a dudas, el Renacimiento es época de profunda inflexión en lo que a los precedentes del dibujo técnico actual se refiere.

Bibliografía

Agrícola, G.: *De Re Metallica,* Dover Publ. (H.C. y L.H. Hoover, eds.), Nueva York, 1950.

Alberti, L. B.: *De Re Aedificatoria*, Akal (prólogo de J. Rivera.), Madrid, 1991.

Aramburu-Zabala, M. A. (dir.): *Juan de Herrera y su influencia*, Publicaciones de la Universidad de Cantabria, 1993.

Bechmann, R.: *Villard de Honnecourt. La pensée technique au XIIIe siècle et sa communication,* Ed. Picard, París, 1993.

Besson, D.: *Teatro de los Instrumentos y figuras Matemáticas y Mecánicas* (Lyon, 1602), Intemac-Editorial Alpuerto (L. Benito Quintana, ed.), Madrid, 1971.

Biringuccio, V.: *The Pirotecnia. The Classic Sixteenth-Century Treatise on Metals and Metallurgy,* Dover Publ. (C.S. Smith y M.T. Gnudi, eds.), Nueva York, 1990.

Blaeu, J.: *Gran atlas* (facsímil de mapas del siglo XVII), Ed. Libsa, Madrid, 1999.

Blázquez, A.: «Una joya americana del siglo XVI», *Revista de Geografía Colonial y Mercantil,* tomo VII (3 y 4), pp. 81-98, 1910.

Booker, P.J.: *A History of Engineering Drawing*, Chatto and Windus Ltd., 1963.

Bousquet-Bressolier, C.: *Le Paysage des Cartes. Genèse d'une codification*, 3ème Journée d'Étude du Musée des Plans-Reliefs, París, 1999.

Branca, G.: *Le Macchine* (Roma, 1629), Unione Tipografico-Editrice Torinese (L. Firpo, ed.), Turín, 1968.

Buisseret, D. (ed.): *Rural Images. Estate maps in the old and new worlds*, The University of Chicago Press, 1996.

— *Envisionning the city. Six studies in Urban Cartography*, The University of Chicago Press, 1998.

— *The Mapmakers' Quest. Depicting New Worlds in Renaissance Europe,* Oxford University Press, 2003.

Cámara Muñoz, A.: «El Dibujo en la Ingeniería Militar del siglo XVI», *A Distancia,* Octubre, pp. 24-30, 1991.

— *Fortificación y Ciudad en los reinos de Felipe II,* Nerea, Madrid, 1998.

Cerezo Martínez, R.: *La Cartografía Náutica Española en los siglos XIV, XV y XVI,* CSIC/Museo Naval, Madrid, 1994.

Damisch, H.: *El origen de la perspectiva,* Alianza Ed., Madrid, 1997.

Durero, A.: *De la Medida* (Núremberg, 1525), Akal (J. Peiffer, ed.), Madrid, 2000.

Erlande-Brandenburg, A., *et al*.: *Villard de Honnecourt. Cuaderno del siglo XIII,* Akal, Madrid, 2001.

FERGUSON, A.: *Engineering and the Mind's Eye,* The MIT Press, Cambridge, Mass., 1992.

FROMMEL, C. L.: «Reflections on the early architectural drawings», en MILLON y LAMPUGNANI (1994), pp. 101-121.

GARCÍA-DIEGO, J. A., y N. GARCÍA TAPIA: *Vida y Técnica en el Renacimiento. Manuscrito de Francisco Lobato, vecino de Medina del Campo,* Universidad de Valladolid, 1987.

— (ed.): *Los Veintiún Libros de los Ingenios y las Máquinas*, Fundación Juanelo Turriano/Editorial Doce Calles, Aranjuez, 1996.

GENTIL BALDRICH, J. M.ª: *Traza y Modelo en el Renacimiento*, Instituto Universitario de Ciencias de la Construcción, E.T.S. de Arquitectura de Sevilla, 1998.

HERNANDO, A.: *El mapa de España. Siglos XV-XVIII,* Ministerio de Fomento, Instituto Geográfico Nacional, Madrid, 1995.

— *Contemplar un territorio. Los mapas de España en el Teatrum de Ortelius,* Ministerio de Fomento, Instituto Geográfico Nacional, Madrid, 1998

HERNANDO SÁNCHEZ, C. J.: *Las fortificaciones de Carlos V*, Ediciones del Umbral, Madrid, 2000.

IMHOF, E.: *Cartographic Relief Presentation*, Walter de Gruyter, Berlín/Nueva York, 1982.

KAGAN, R. L. (coord.): *Ciudades del Siglo de Oro. Las vistas españolas de Antón Van den Wyngaerde*, El Viso, Madrid, 1986.

— *Imágenes urbanas del mundo hispánico: 1493-1780*, El Viso, Madrid, 1998.

KELLER, A.: *A Theater of Machines,* Chapman & Hall, Londres, 1964.

LEFÈVRE, W. (ed.): *Pictorial means in early modern engineering (1400-1650),* Preprint 193, Max-Planck-Institute für Wissenschaftsgeschichte, Berlín, 2002.

— «The limits of Pictures. Cognitive functions of Images in Practical Mechanics-1400 to 1600», en *The Power of Images in Early Modern Science* (W. Lefèvre, J. Renn, U. Schoepflin, eds.), Birkhauser Verlag, Basilea, pp. 69-88, 2003.

LEÓN CASAS, M. Á., *et al.*: «La representación del territorio mediante el procedimiento de las curvas de nivel. Los primeros planos españoles», en *13.º Congreso INGEGRAF*, Badajoz, 2001 (CD-ROM).

LITER, C., F. SANCHÍS y A. HERRERO: *Geografía y cartografía renacentista*, Akal, Madrid, 1992.

MARÍAS, F.: «Imágenes de Ciudades Españolas: de las convenciones cartográficas a la *corografía* urbana», en PEREDA y MARÍAS, eds. (2002), pp. 99-116.

MARTÍN MERÁS, L.: *Cartografía Marítima Hispana. La imagen de América.* Lunwerg/CSIC, Madrid, 1993.

MARTÍN RODRÍGUEZ, F. J.: *La primera imagen de Canarias: los dibujos de Leonardo Torriani*, Colegio Oficial de Arquitectos de Canarias, Santa Cruz de Tenerife, 1986.

MCGEE, D.: *The origins of early Modern machine Design,* en LEFÈVRE (2002), pp. 7-38.

MENÉNDEZ-PIDAL, G.: *Hacia una nueva imagen del mundo*, Real Academia de la Historia/Centro de Estudios Políticos y Constitucionales, Madrid, 2003.

MILLON, H. A., y V. M. LAMPUGNANI (eds.): *The Renaissance from Bruneleschi to Michelangelo. The representation of Architecture,* Thames & Hudson, 1994.

MILLON, H. A.: «Models in Renaissance Architecture», en MILLON y LAMPUGNANI (1994), pp. 19-73.

MUNDY, B. E.: *The Mapping of New Spain: Indigenous Cartography and the Maps of the Relaciones Geográficas,* University of Chicago Press, Chicago, 1996.

NIETO OÑATE, M. *et al.*: *Dibujo técnico XVI-XVII y XVIII*, Junta de Castilla León, Valladolid, 1990.

ORTEGA VIDAL, J.: «Una muestra del dibujo de la arquitectura en la España Dorada», en VV. AA. (2001), pp. 337-415.

ORTIZ Y SANZ, J. (ed.): *Vitrubio. Los Diez Libros de Arquitectura* (1787), Akal Ediciones, Madrid, 1987.

PALADINI CUADRADO, Á.: «La formación de la carta moderna en España en el siglo XVI», en *El Emperador Carlos y su tiempo* (IX Jornadas Nacionales de Historia Militar, Sevilla, 1999), Madrid, 2000, pp. 633-655.

— «La representación del relieve en los mapas a lo largo de la Historia», *Servicio Geográfico del Ejército. Boletín de Información*, 72, pp. 11-49, 1991.

— «Sobre la génesis de los portulanos», *Boletín de Información del Servicio Geográfico del Ejército*, 76, pp. 7-18, 1993.

PANOFSKY, E.: *La perspectiva como forma simbólica,* Tusquets, Barcelona, 1995.

PEREDA, F., y F. MARÍAS (eds.): *El Atlas del Rey Planeta: «La descripción de España y de las costas y puertos de sus reinos» de Pedro Teixeira (1634),* Nerea, Madrid, 2002.

POPPLOW, M.: *Models of machines: A «missing link» between early modern engineering and mechanics?* Preprint 225, Max-Planck-Institute für Wissenschaftsgeschichte, Berlín, 2002.

— *Functions of 16th Century Engineering Drawings*, en LEFÈVRE (2002), pp. 47-79.

RAMELLI, A.: *The various and ingenious machines* (París, 1588), Dover Publ. (M.T. Gnudí y E.S. Ferguson, eds.), Nueva York, 1976.

RETI, L.: «Francesco di Giorgio Martini's Treatise on engineering and its plagiarists», *Technology and Culture* (IV), pp. 278-298, 1963.

— (ed.): *The Unknown Leonardo,* Abradales Press, Nueva York, 1974.

REY PASTOR, J., y E. GARCÍA CAMARERO: *La cartografía mallorquina*, CSIC, Madrid, 1960.

ROMERO, F., y R. BENAVIDES: *Mapas Antiguos del Mundo*, Eagle Books Spain, 1994.

RUIZ DE LA ROSA, J. A.: *Traza y Simetría de la Arquitectura en la Antigüedad y Medioevo,* Publicaciones de la Universidad de Sevilla, 1987.

SÁINZ, J.: *El Dibujo de Arquitectura,* Nerea, Madrid, 1990.

SAN ANTONIO GÓMEZ, C., y M. Á. LEÓN CASAS: «La cartografía aplicada a la representación de las obras públicas españolas. Siglos XVI y XVII», en *14.º INGEGRAF*, Santander, 2002 (CD-ROM).

SAN JOSÉ ALONSO, J. I.: *Apuntes sobre el desarrollo del dibujo arquitectónico*, Publicaciones de la Universidad de Valladolid, 1997.

Scaglia, G.: «Drawings of machines for architecture from the early Quattrocento in Italy», *Journal of the Society of Architectural Historians,* 25(2), pp. 90-114, 1966.

— *Francesco Di Giorgio: Checklist and history of manuscripts and Drawings in Autographs and Copies from ca. 1470 to 1687 and renewed copies (1764-1839),* Leigh University Press, Associated University Presses, Cranbury, 1992.

Serlio, S.: *Tercero y Quarto libro de Architetura*, Ivan de Ayala, Toledo, 1552 (facsímil Ed. Alta Fulla, Barcelona, 1990).

Shirley, r. w.: *The mapping of the world. Early printed world maps (1472-1700).* The Holland Press, Publ., Londres, 1987.

Silva, M., y M. S. Menjón: *Ingenios, Máquinas y Navegación en el Renacimiento.* Colección CAI-100, n.º 98, Zaragoza, 2001.

Snynder, J. P.: *Flattening the Earth-2000 Years of Map Projections*, University of Chicago Press, Chicago, 1993.

Taccola (Mariano di Jacopo, detto Il): *Liber Tertius de Ingeneis ac edifitiis non usitatis,* Ed. Il Polifilo (J. H. Beck, ed.), Milán, 1969.

— *De Ingeniis*, Dr. L. Reichert Verlag (Scaglia, Prager y Montag, eds.), Wiesbaden, 1984.

Texeira, Pedro de: *Compendium Geographicum*, Fundación Alvargonzález (R. Alvargonzález Rodríguez, ed.), Madrid, 2001.

Thrower, N. J. W.: *Mapas y Civilización. Historia de la cartografía en su contexto cultural y social*, Ediciones del Serbal, Barcelona, 2002.

Vérin, H.: *La Gloire des Ingénieurs. L'intelligence technique du xvie au xviiie siècle,* Albin Michel, París, 1993.

— y L. Dolza: «Les Théâtres de Machines: Une mise en scène de la Technique», *Alliage, Le spectacle de la Technique* (50-51), pp. 8-20, 2003.

Vitruvio Pollion, M.: *De Architectvra, dividido en diez libros, traduzidos de Latin en Castellano por Miguel de Urrea, Architecto,* Alcalá de Henares, Iuan Gracian, 1582 (facsímil con introducción de L. Moya, Ed. Albatros, Valencia, 1978).

VV. AA.: *Historia de la Cartografía Española*, Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Madrid, 1982.

VV. AA.: *Las Trazas de Juan de Herrera y sus seguidores*, Patrimonio Nacional/ Fundación Marcelino Botín, Santander, 2001.

Wiebenson, D.: *Los Tratados de Arquitectura. De Alberti a Ledoux*, Hermann Blume, Madrid, 1988.

Wigall, D.: *Historic Maritime Maps, 1290-1699,* Parkstone Press, Nueva York, 2000.

Wright, L.: *Tratado de perspectiva,* Ed. Stylos, Barcelona, 1985.

Zonca, V.: *Novo Teatro di Machine et Edificii* (Padua, 1607), Ed. Il Polifilo (C. Poni, ed.), Milán, 1985.

Zulueta Pérez, P., y R. Suárez Sánchez: «Alrededor de los planos y dibujos para despiece de máquinas y otros artilugios», en *12.º Congreso INGEGRAF*, Valladolid, 2000 (CD-ROM).

8

La divulgación técnica: características lingüísticas[1]

María Jesús Mancho
Universidad de Salamanca

I

El humanismo científico

En el siglo XVI, como consecuencia de la renovación de las mentalidades que trajeron consigo el Renacimiento y las corrientes humanistas, comienza el despegue de la técnica moderna. Surge pujante una conciencia de avance social que va a extenderse hasta calar amplias capas de la sociedad por encima y más allá de los límites más o menos rígidos de los claustros universitarios y eclesiásticos. La propia Monarquía española va a fomentar el estudio de disciplinas nuevas, o de otras tradicionales, pero enfocadas desde una perspectiva novedosa, que hacen su aparición impulsadas por auténticas demandas sociales, fuera de la secular planificación universitaria.

Por otro lado, el desarrollo de la imprenta permite que las diversas materias alcancen una mayor difusión y lleguen a destinatarios interesados y curiosos, ávidos de novedades, pero no necesariamente poseedores de una vasta cultura[2]. De esta manera, este tipo de literatura se erige en instrumento decisivo para el desarrollo económico y la modernización de una sociedad expansiva[3], como era la del Renacimiento hispano.

---

[1] Este trabajo se inserta dentro del marco de los proyectos BFF2001-1198, financiado por la DGCICYT, y SA 070/002, financiado por la Junta de Castilla y León.

[2] Acerca de estos aspectos, véase V. Infantes: «La educación, el libro y la lectura», *Historia de España*, Menéndez Pidal, *La cultura del Renacimiento (1480-1580)*, vol. XXI, Madrid, Espasa Calpe, 1999, pp. 4-50.

[3] Sobre este concepto, véase J. A. Maravall: «La imagen de la sociedad expansiva en la conciencia castellana del siglo XVI», en *Estudios de Historia del pensamiento español, Época del Renacimiento*, Madrid, Instituto de Cooperación Iberoamericana, 1984, pp. 271-315.

La finalidad que se pretende, por tanto, es la divulgación de unos contenidos, considerados de interés prioritario desde el punto de vista social[4]. Si esto puede afirmarse de manera genérica, todavía es más evidente en el campo de las Matemáticas.

II

Las matemáticas como motor de la renovación técnica

En efecto, en este período se constata el auge de un tipo de saber, que, como ha señalado C. Flórez, «de alguna manera se encuentra en la base de todos los otros y va a ser la clave en la modernidad», esto es, «el saber matemático en sus dos dimensiones, la aritmética y la geometría»[5]. Por ello, su cultivo es de vital importancia para el desarrollo de la técnica en sus diferentes ramas o especialidades. No es de extrañar, por tanto, que se sugiera a los responsables de la política educativa su inclusión en los programas de enseñanza pública. Como ejemplo ilustrativo, hemos extraído las recomendaciones de un autor de manuales de Matemáticas y Geometría, que pudieran aplicarse con absoluta pertinencia a la situación actual:

> Y porque *es muy necessaria a toda qualidad de personas esta admirable disciplina geométrica, me atrevería a aconsejar a los que mandan y goviernan repúblicas, que entretengan en ellas personas doctas, para que públicamente la lean y enseñen*, y a persuadir a los padres, a quien Dios dio hijos y possibilidad para bien doctrinallos, a que, en acabando de saber leer, escribir y contar, los metan en ella. (Joan Alfonso de Molina Cano, *Descubrimientos geométricos*, Anveres, Andrea Bacx, 1598, Pról.).

Pero, además, esta ciencia tiene una peculiaridad, que es la importancia que adquiere la parte práctica, que se aplica a toda la gama de artes mecánicas. La causa radica en que se trata de un conocimiento «que no versa sobre argumentos, ni sobre comentarios de otros libros, sino de un saber que se dirige a las cosas mismas inten-

---

[4] Véase J. M.ª López Piñero: *Ciencia y técnica en la sociedad española de los siglos xvi y xvii*, Barcelona, Labor, 1979; del mismo, «El renacimiento en las ciencias», especialmente el apartado "Las áreas de la actividad científica", en *Historia de España*, Menéndez Pidal, *La cultura del Renacimiento (1480-1580)*, vol. xxi, Madrid, Espasa Calpe, 1999, pp. 324-325. Asimismo, véanse, al respecto, V. Navarro Brotons: «Humanismo y ciencia en el siglo xvi», en C. Codoñer y J. A. González Iglesias (eds.): *Antonio de Nebrija: Edad Media y Renacimiento*, Salamanca, Universidad de Salamanca, 1994, pp. 359-369; M. Esteban Piñeiro: «El pensamiento científico en la época de Isabel la Católica», en J. Valdeón Baruque (ed.): *Arte y cultura en la época de Isabel La Católica*, Valladolid, Ámbito/ Instituto de Historia Simancas, 2003, pp. 181-215.

[5] C. Flórez: «Otra cara del humanismo», en M.ª J. Mancho (ed.): *Pórtico a la ciencia y a la técnica del Renacimiento*, Valladolid, Junta de Castilla y León, 2001, p. 41. Asimismo, C. Flórez, P. García Castillo y R. Albares: *El humanismo científico*, Salamanca, Caja Duero, 1999. Sobre el valor y la función de las matemáticas en este período, véanse M. Esteban Piñeiro y V. Salavert Fabiani: «Las Matemáticas», *Historia de la ciencia y de la técnica en la Corona de Castilla*, vol. i, Valladolid, Junta de Castilla y León, 2002, pp. 709-788.

tando descubrir el orden de esas cosas; y caminando con orden según el procedimiento de las matemáticas, que es un procedimiento que combina con éxito el análisis y la síntesis. El procedimiento de las matemáticas no mira a la persuasión como es el caso de la retórica o la lógica, sino a la invención»[6]. La importancia de esta vertiente práctica, dirigida al descubrimiento, a la invención técnica en todos los órdenes aparece manifiesta en el párrafo siguiente:

> Porque realmente, entre todas las sciencias humanas, las que más ennoblecen y illustran los hombres, y entre otros a los príncipes y personas preeminentes, son las mathemáticas, las quales con su variedad, *no solamente deleytan el entendimiento, pero aun entretienen los sentidos. ¿Qué cosa más gustosa para el entendimiento humano que una linda demostración mathemática? ¿qué entretenimiento se puede comparar al de un geómetra, cosmógrafo o geógrafo?; ¿qué cosa más suave, para no echar de ver la prolixidad del tiempo, que tener entre manos uno d'estos exercicios? Pues, ¿que diré de otras cosas, en lo que toca a la navegación, guerra por mar o por tierra, ordenar exércitos, hazer minas, batir con la artillería, fortificar para bien offender y defenderse, y saber hazer muchas máchinas béllicas?* Verdaderamente, si esto entendiessen los illustres y gente de más ocio, con este exercicio serían más conservadas sus haziendas y con mayor discreción regidas sus repúblicas. Y, assí, los que escriven las partes que ha de tener un príncipe, entre las principales ponen el estudio de las Mathemáticas (de que hazen buen testigo Julio César, Octaviano y Tiberio César, Antonino, Ptolemeo y nuestro Cathólico Rey y Señor, don Alonso; y el consejo que dio Aristóteles a Alexandro, diziéndole que ninguna cosa hiziesse sin el parecer de un buen mathemático. (Pedro Roiz, *Libro de los reloges solares*, Valencia, Pedro de Huete, 1575, fol. 1r-v).

III

El castellano o español, instrumento de la divulgación técnica

Estas circunstancias socioculturales requieren un vehículo lingüístico común, amplio, dinámico, flexible y moldeable para las numerosas necesidades designativas[7]. La lengua latina va a ser relegada como herramienta de divulgación científica y su lugar va a ser ocupado por el romance. En España, situada en esos momentos dentro del grupo de naciones avanzadas de su entorno europeo, el castellano deberá adaptarse a esta nueva función, desempeñada tradicionalmente por el latín[8].

---

[6] C. Flórez, *Ibidem*, p. 42.

[7] Sobre las cuestiones lingüísticas propias de la época, véase J. A. Frago: «La lengua», en Menéndez Pidal, *Historia de España*, vol. xxi, *La cultura del Renacimiento (1480-1580)*, Madrid, Espasa Calpe, 1999, pp. 579-629.

[8] Sobre la tensión entre el latín y el romance, puede consultarse A. Gómez Moreno: «El pulso de la lengua vulgar con las lenguas clásicas», en *España y la Italia de los humanistas. Primeros ecos*, Madrid, Gredos, 1994, pp. 109-120.

8.1. Elio Antonio de Nebrija (Lebrija, 1441-Alcalá de Henares, 1522). *Su verdadero nombre era Antonio Martínez de Cala, pero, a imitación de los humanistas, tomó el apelativo de inscripciones de su región y de su propio pueblo (Nebrissa). Estudió Humanidades en la Universidad de Salamanca y a los 19 años marchó a Bolonia, donde se impregnó del humanismo italiano. De vuelta a Sevilla, trabajó gracias al mecenazgo del Arzobispo Fonseca hasta 1473. Regresó como profesor a la universidad salmantina con el objetivo de desterrar la barbarie en la enseñanza universitaria. Por diferencias con sus colegas y diversos problemas académicos, se trasladó en 1514 a la Universidad de Alcalá de Henares, ciudad donde falleció. Humanista y filólogo ante todo, publicó a imitación de Valla, en 1481, una gramática latina asequible a los profanos –las* Introductiones latinae*–, que sirvió como libro de texto hasta el siglo XIX. En 1488 redactó una versión bilingüe que le convenció de que la lengua española también estaba capacitada para la expresión de los contenidos gramaticales y era digna de ser fijada en una gramática: la* Gramática castellana*, editada en el año* mirabilis *de 1492, que convirtió a Nebrija en el iniciador de la Lingüística española. Escribió, además, unas* Reglas de ortografía castellana *(1517) y, sobre todo, inició la lexicografía moderna, también en 1492, con el* Diccionario latino-español *y el* Vocabulario español-latino*, de fecha posterior, aunque indeterminada. La importancia de este último radica en ser por primera vez una lengua vulgar el punto de partida para un diccionario bilingüe.*

Colaborador de la Biblia Políglota de Alcalá*, dirigida por Cisneros, se interesó por los problemas del vocabulario especializado, lo que le llevó a componer léxicos monolingües o bilingües, como el* Lexicon iuris civilis *(1506) o* De mensuris *(1510), englobados en un proyecto enciclopédico común. Estas obras, escritas ya en el Quinientos, marcan el arranque de un nuevo interés por el discurso científico, característico de la Edad Moderna.*

Justamente, en los prólogos de sus obras, los representantes de este humanismo científico ofrecen sus reflexiones personales, tanto acerca de la materia sobre la que versan, como sobre la lengua en que se han expresado[9]. En el trasfondo de su elección lingüística se revela una conciencia de comunidad[10], por lo que el castellano se identifica con la *lengua española*:

> Determiné yo (con voluntad y beneplácito del autor) traduzir en castellano lo que los romancistas dessearían tener traduzido, y communicarlo con todas naciones de España que *commúnmente entiende castellano.* (Cristóbal Plantino, trad., *Teatro de la Tierra universal de Abraham Ortelio,* Amberes, Cristóbal Plantino, 1588, Pról.).

En ocasiones, es perceptible la huella de un cierto nacionalismo lingüístico[11], basado en la íntima convicción de que la labor de escribir acerca de asuntos nobles ensalza a la nación que utiliza tal medio expresivo:

> Yo, ahunque lastimado también de mis primeros maestros y poco exercitado, assí en las buenas letras (que tarde he aprehendido), como en *la lengua spañola (que, allende de ser aragonés, en muchos años de peregrinación habré algún tanto olvidado*), con *desseo de ayudar en algo a my nasción*, tuve por bien de hurtar a otros mayores estudios y occupaciones mías algunos ratos de trabajo *para poner en lengua española* la *Geometría vulgar* de Oroncio. (Jerónimo Girava, trad., *Los dos libros de la Geometría práctica de Oroncio Fineo Delphinate*, s.l., s.i., 1553, Pról.).

El objetivo perseguido, dejando a un lado el estrictamente científico, es el enriquecimiento de la lengua española, mérito de quienes se han dedicado a tal empresa, con los que la nación contrae deuda de agradecimiento:

> Todo esto, que a mí me ha dado atrevimiento para offrecer a tan gran príncipe tan pequeño don y esperar será más estimado que fue de Alexandro la *Iliada* de Homero, ha de ser causa para que Vuestra Magestad acepte esta voluntad de servirle y *desseo de ayudar a enriquecer la lengua española.* (Miguel de Urrea, *De Architectura*, Alcalá, Juan Gracián, 1582, fol. 35).

De la confluencia de todos estos factores, sintéticamente expuestos hasta aquí, se deriva la plena convicción del elevado grado de madurez expresiva alcanzado

---

[9] He tratado estas cuestiones en «La lengua española, vehículo de divulgación científica en el Renacimiento», en M.ª Jesús Mancho (ed.): *Pórtico a la ciencia y la técnica del Renacimiento,* pp. 45-84, y en «Los prólogos de la literatura científica del Renacimiento: la cuestión de la lengua», en Actas del *VI Congreso de la Asociación Internacional Siglo de Oro*, Burgos/La Rioja, 15-19 de julio de 2002, Madrid, Iberoamericana Verveut, 2004, pp. 1229-1243.

[10] Véase J. Maravall: «La pertenencia a la comunidad. La lengua como creación», *op. cit.* (nota 3), pp. 400-407. Aquí se recogen más testimonios de este sentimiento, ejemplificados en escritores portugueses.

[11] Véanse M. Alvar: «La lengua y la creación de las nacionalidades modernas», *Revista de Filología Española*, LXIV, 1984, pp. 205-238, y D. Ynduráin: *Humanismo y Renacimiento en España*, especialmente los apartados «Humanismo y razón de Estado» y «Humanismo y política», Madrid, Cátedra, 1994, pp. 115-128.

por la lengua española, la cual posee acusada personalidad propia, reconocida más allá de nuestras fronteras:

> La lengua española, *tan excellente y de tanto primor, tan estimada y celebrada de los estrangeros*. (Miguel de Urrea, *De Architectura*, Alcalá, Juan Gracián, 1582, Pról.).

Hasta el punto de que el encomio de las cualidades y excelencia de la lengua española desemboca en auténticas apologías, poco conocidas, en general[12]:

> Me paresce que, traduziendo estas artes en lengua española, no se prophanan, pues, *entre todas las lenguas vulgares, sin perjuyzio de las otras, se puede bien dezir es la más abundante, viril y sonora y más común a diversas naciones y pueblos del mu*ndo. (Gemma Frisio, trad., *Cosmographía* de Pedro Apiano, Anvers, Juan Bellero, 1575, Pról.).

Los autores de la literatura científica del Quinientos son conscientes de los nuevos retos a los que se enfrentan. De entrada, debían decantar sus preferencias y elegir entre lenguas, géneros, estilos y registros. En cuanto a la primera de las opciones, el decidirse por el español respondía al convencimiento de la existencia de una amplia mayoría de personas —lectores potenciales de estas obras— desconocedora de la lengua madre:

> La otra difficultad y de maior inconveniente es *aver muchas personas de mucho ingenio y curiosidad, y inclinadas a saber, que, por no saber latín, desean* de emplear su abilidad y tiempo en cosas que con mucho gusto los podían entretener y divertir de muchos males que la oçiosidad acarrea. (Gabriel Gómez, *Libro de la esphera del mundo en romance y por estilo muy claro y fácil a todos, con un tratado de Cosmographía mui provechoso*, Mss., Biblioteca Universitaria de Salamanca, 1589, Pról.).

IV

La fluctuación genérica de los textos técnicos

El cuanto al género, los autores debían concretar su elección, bien optando por el formato de un tratado, lo que suponía una mayor especialización y, por tanto, acotar el ámbito de los destinatarios a un círculo más restringido, o bien inclinándose por el de un diálogo, más ligero y asequible de contenidos, que por su gran versatibilidad gozaba entonces de gran aceptación social y que, por lo mismo, ofrecía más firme garantía de difusión editorial:

---

[12] Sobre este asunto, puede verse P. Ruiz Pérez: «Sobre el debate de la lengua vulgar en el Renacimiento», *Criticón,* 38 (1987), pp. 15-44. Lore Terracini se refiere asimismo a «una tradizione, quella in cui la cultura spagnola va trovando motivo di nobiltà e d'orgoglio, che con l'inoltrarsi del Secolo d'Oro va progresivamente arretrando nel tempo» (*Lingua come problema nella letteratura sapgnola del Cinquecento*, Turín, Stampatori Editore, 1979, p. 126).

> Costumbre a sido recibida y usada de todos los sabios filósofos antiguos y de nuestros modernos, *aviendo tratado de materias muy importantes y delicadas, reduzirlas a la familiaridad y llaneza de los diálogos, para que mejor y más claramente se entienda lo dicho, de lo qual pudiera traer tantos testimonios, como hallamos libros de diálogos en casi todas las facultades*. (Benito Daça de Valdés, *Uso de los antojos para todo género de vistas*, Sevilla, Diego Pérez, 1623, fol. 31r).

Si entre los factores del auge del diálogo quinientista se ha señalado el prestigio que implicaba la imitación de los modelos clásicos, parece, sin embargo, que el éxito editorial del género se explica por tratarse de obras de ficción, destinadas no solo, o no exclusivamente, a provocar el *delectare* del lector, sino a resultar, según la mentalidad de la época, muy beneficiosas debido a su marcado carácter didáctico. En efecto, el progresivo desarrollo de la imprenta conllevaba un renovado interés por parte de los autores hacia las consecuencias morales de las obras, concebidas como instrumentos de información proyectada a la formación[13]. En otras palabras, se transparenta el enlace del humanismo con la *paideia*, la restauración del ideal educativo de la antigüedad, dirigido a conferir una orientación pedagógica, una cierta «cultura general», fundamentalmente a través de las artes del lenguaje. Se produce, así, una convergencia natural entre humanismo y diálogo, que es una manera «agradable y provechosa» de divulgar conocimientos[14].

Existen, en efecto, obras enteras diseñadas con este formato, en distintas áreas científicas y técnicas:

1. Náutica

   1.1. *Instrución Náuthica,hecha en diálogos* por el doctor Diego García de Palacio. Interlocutores: un vizcaíno y montañés. (Diego García de Palacio, *Instrución náuthica para el buen uso y regimiento de las naos, su traça y govierno conforme a la altura de México*, México, Pedro Ocharte, 1587, fol. 1r).

2. Construcción naval:

   2.1. De aquí a venido a ser que, convencido tanto de ellos como aora de nuebo obligado del ruego o, por hablar con propiedad, del mandato de algunos señores, que en Madrid, donde asistí algunos meses como Diputado de la Universidad de los Mareantes y en nombre de ella en los Consejos de Guerra y de Yndias me lo pidieron y mandaron, lo aya puesto en este estilo y pequeño volumen, *y repartídolo en diálogos, como ello muestra, porque assí fuese la materia más descançada, apazible e intellegible*. (Thomé Cano, *Arte para fabricar, fortificar y aparejar naos de guerra y merchante*, Sevilla, Luis Estupiñán, 1611, fol. VIIIr).

   2.2. Interlocutores: un montañés y un vizcaíno. (Anónimo, *Diálogo entre un bizcayno y un montañés sobre la fábrica de navíos*, mss., 1627, fol. 1r)[15].

---

[13] Para las funciones de los diversos géneros englobados en la prosa didáctica, véase A. RALLO GRUSS: «Tópicos y recurrencias en los resortes del didactismo», *Criticón*, 58, 1993, pp. 135-154.

[14] J. GÓMEZ: *El diálogo en el Renacimiento español*, Cátedra, Madrid, 1988, p. 201. Para las cuestiones relativas al diálogo humanístico en el Renacimiento, puede consultarse J. FERRERES: *Los diálogos humanísticos del siglo XVI en lengua castellana*, Murcia, Ed. Universidad, 2002.

[15] Ed. facsímil por M.ª I. VICENTE MAROTO (Salamanca, 1998), con transcripción y estudio del texto.

3. Arte militar:
   Estos *Diálogos Militares* van repartidos en quatro libros:
   El primero, de las calidades, requisitos y substancia que han de tener un capitán y soldado.
   El segundo, de la naturaleza y composición de la pólvora, y buen uso de los arcabuzes y artillería, y reglas de perspectiva, con algunos instrumentos nescessarios en su exercicio.
   El tercero, de la buena y diestra formación de los esquadrones.
   El quarto, de muchos avisos, instituciones y leyes que se deven guardar en diversos casos que en el discurso y prosecución de la guerra se offrescen. (Diego García de Palacio, *Diálogos militares*, México, Pedro Ocharte, 1583, fol. IV).

4. Artillería:
   He venido al fin a hazer un pequeño volumen *en forma y modo de diálogo*, declarando su orden y prática por evidentes y curiosas qüestiones, que en su discurso muestran y dan a entender ynumerables y diversas suertes de baterías, máchinas propiçias y convenientes, pertrechos y materiales usadas con suma freqüençia en estos estados, así en el tiempo que Vuestra Señoría vino a ser Capitán General d'ella, como en el passado, de su anteçessor don Luis de Velasco. (Diego de Ufano, *Tratado de la Artillería,* Bruselas, Juan Momarte, 1613, pról.).

5. Construcción:
   Y como yo considerasse, muy Illustre Señor, la mucha inclinación que Vuestra Señoría tiene a edificios, y lo que en ellos ha hecho en Santiago, y haze en Salamanca y se espera que hará en esta su diócesi de Toledo, *he sacado, de las obras de los antiguos que en la sciencia de Architetura largamente escrivieron, este breve diálogo,* en el qual se tratan las medidas que han de saber los oficiales que quieren ymitar y contrahazer los edificios romanos, por falta de las quales han cometido y cada día cometen muchos errores de disproporción y fealdad en la formación de las basas y capiteles, y pieças que labran para los tales edificios. (Diego de Sagredo, *Medidas del Romano*, Toledo, Remon de Petras, 1526, pp- 2-3).

A veces, existe un hibridismo formal, y el diálogo se reserva a alguna parte de la estructura global de la obra, como hace Pérez de Moya, en el terreno de las matemáticas:

> Y, assí, mediante la gracia de Nuestro Señor, con la qual mi frágil y mal limada pluma se ha movido, daré principio a esta obra, la qual se divide en nueve libros [...]
>
> El octavo tracta modos de contar que tuvieron los antiguos, y de monedas, y pesos y declaraciones de muchos characteres que se ponían por números, con otras muchas antigüedades, juntamente con el cómputo para sacar las fiestas que dizen movibles. *En el nono se pone un diálogo en que se prueva ser la Arithmética sciencia útil y necessaria a todo hombre; tracta más para recreación y exercicio de la memoria, que de mostrar preceptos del Arte.* (Juan Pérez de Moya, *Arithmética práctica y speculativa*, Salamanca, Matías Gast, 1562, p. 20).

O como hace Luis Collado de Lebrixa, en el del Arte militar:

> Tractado quinto. En el qual el auctor, *a modo de diálogo,* trata de las qualidades que en la persona del General de Artillería deven concurrir y de la importancia de su cargo y recta administración de él; y más, de todas las personas de cargo y de servi-

> cio que van sugetas a él en un exército y los salarios que gana cada uno. Y, a la fin, se trata un muy copioso examen de artilleros, cosa hasta agora nunca vista ni estampada. *Diálogo en el qual son interlocutores el General de Artillería y su Theniente, con quatro artilleros, los quales, en 16 razonamientos hechos en 16 siestas, tratan cosas importantíssimas.* (Luys Collado de Lebrixa, *Plática Manual de Artillería, en la qual se tracta de la excelencia del arte militar y origen de ella*, Milán, Pablo Gotardo Poncio, 1592, pp. 93- 94).

O, como unos años más tarde aún, prosigue Benito Daza Valdés en el campo de la Óptica:

> Y para que desde luego se entienda el orden de este tratado y vaya el lector con más gusto, en este primero libro trataremos, como e començado ya, de la naturaleza de los ojos y de las vistas que en ellos ay y de sus achaques y dolencias. En el segundo, propondré la variedad de antojos y remedios de la vista. *Y en el tercero libro reduziré todo lo dicho en quatro diálogos, donde se entenderá más ampliamente toda la dotrina de los antojos.* (Benito Daça de Valdés, *Uso de los antojos para todo género de vistas*, Sevilla, Diego Pérez, 1623, fol. 4r) .

V

Lengua y estilo de los textos de la técnica

Por lo que respecta al estilo, la mayoría de los autores concordaban en el deseo de claridad, sencillez y contención en el empleo de recursos ornamentales, aunque siempre existieran posturas personales que transparentaban planteamientos retóricos previos:

> Porque me paresció libro que merescía y fácilmente podía çufrir traductión, *por ser su stylo más vulgar que latino* y tratar las vulgares medidas de las líneas, superficies y cuerpos más copiosa y más ordenadamente que ningún otro libro que yo haya visto. (Jerónimo Girava, trad., *Los dos libros de la Geometría práctica de Oroncio Fineo Delphinate*, s.l., s.i., 1553. Pról.).

En consecuencia, se critica la falta de transparencia en los razonamientos y el alambicamiento expresivo, y se defiende una exposición plana y neta de los datos empíricos, para contribuir a alcanzar un valor pedagógico más elevado:

> Y porque este tratado no se escrive para los sabios, antes para destetar a los que lo quisieren ser en esta arte, *no se tratará en él por términos y exemplos sotiles y oscuros, ni menos polidos, ante por los más claros y comunes para que mejor se entienda.* (Francisco Faleiro, *Tratado del esphera y del arte del marear*, Sevilla, Juan Cromberger, 1535, fol.5r).

Son frecuentes las contraposiciones entre sustancia y forma, conceptos claros frente a palabras elegantes, en las que se valora fundamentalmente el primer elemento:

> Estas fueron las causas y principio d'este libro, y porque los efetos que hizieron las lecciones fueron tan grandes como he dicho, determiné no mudar estilo sino seguir

> el mesmo que en ellas avía tenido, *porque por ventura con el cuydado de las palabras no se ofuscassen en los conceptos, que es el fin que en esta obra se pretende.* (Christóval de Rojas, *Teórica y práctica de fortificación*, Madrid, Luis Sánchez, 1592, Pról.).

VI

El problema de los tecnicismos

Una de las mayores dificultades radicaba en existencia de tecnicismos, vocablos caracterizados como «oscuros»:

> La difficultad grande que tiene este auctor, assí por ser difficultosa la materia y poco aparejada para eloqüencia, como *por ser los términos d'ella tan escuros y escabrosos.* (Miguel de Urrea, trad., *De Architectura,* Alcalá, Juan Gracián, 1582, Pról.).

Hay autores que tienen plena conciencia de que la oscuridad de estos términos proviene de las funciones eminentemente designativas que desempeñan en un ámbito especializado, por lo que resultan poco conocidos para un público extenso:

VOCABVLARIO
DE LOS NOMBRES OBSCVROS, y difficultosos que en Vitruuio se contienen, segun q̃ los Architectos los declaran en lengua Castellana, no teniendo respecto a sus principios, mas de como los entiendẽ en los lugares donde se hallã. Agora seã Griegos, o Latinos, agora Barbaros.

A

Acrobacion. Por machina para subir.
Acroteria. Promontorio, y natural defensaculo de puertos, para seguridad.
Acroterias. Pedestales en los edificios.
Alas. Lados a mano derecha, y yzquierda.
Albario. Lo blanqueado.
Alberlado. Las salidas que hazẽ los pedestales a fuera del viuo de la pared.
Alcana. Relox.
Alidadas. Las escalas.
Alidadas alimetras. escalas para medir lo alto.
Amphiprostilos. Edificio q̃ tiene todo lo q̃ prostilos, y las colũnas en el postigo, y frontispicio.
Amphitalamos. Aposentos vno cõtra otro.
Anatema. Principio sobre q̃ se funda la intencion toda, es cuenta tomada del curso del sol, y de la sombra q̃ crece, hallada con la obseruacion del inuierno.
Ancones. Los cõtra frontales de la puerta, como son las mensulas que se ponen vna a la derecha, y otra a la yzquierda.
Ancones. Vnas reglas que se ponen a las dos cabeças de otra regla larga, como vn bastõ, y sõ yguales en peso, largo, y gruesso.
Anillos. Los verdugos q̃ rodean el capitel, son como media caña.
Anisociclos. Machinas q̃ se mueuen al rededor, dizẽse escorpiones.
Andronas. Lugares, y aposentos dõde solos varones conuenian.
Antarij. Las sogas delanteras de las machinas.
Antas. Pilares quadrados.
Antas. Pilastras.
Antas. Otras pilastras en los extremos y esquinas d̃ los edificios.
Antas. Pilastros que dizen contra fortes q̃ tambien ponen en las esquinas.
Anterides. Botaletes, o arcos.
Antepagmenta. Iãbas, y sobrejãbas.
Apophigen. Desuã, es como media caña sobre la basa que abraça la columna.
Araña. Relox, de cuyo centro salian tantos rayos de sol, como quantos dias ay en el año.
Area. Solar.

a Arco-

8.2. Miguel de Urrea (ensamblador alcalaíno, autodenominado arquitecto, act. 1540-1565), Vocabulario de los nombres oscuros y dificultosos que en Vitruvio se contienen, *en su traducción al castellano del tratado de Marco Vitruvio Pollion,* De architectura *(Alcalá de Henares, Juan Gracián, 1582).*

> Los *vocablos naçen de la propia necesidad del arte* y, *por no ser usados, son obscuros*. (Ginés Martínez de Aranda, *Cerramientos y trazas de montea*, Ms. de finales del XVI, «Al letor».).

En consecuencia, se recomienda una actitud paciente y perseverante hasta conseguir familiarizarse con ellos:

> No dexo de conocer que agora, a los principios, se hará diffícil a muchos admitir *algunos vocablos inusitados, pero es menester tener çufrimiento en las orejas*, porque, de que les tomamos las mercaderías, tomamos los nombres con que se trata d'ellas. (Gemma Frisio, trad., *Cosmographía de Pedro Apiano,* Anvers, Juan Bellero, 1575. Pról.).

El problema se agravaba cuando se trataba de incorporar préstamos de otras lenguas. En esta empresa traductora el modelo clásico lo proporcionaban los romanos cuando trataban de adaptar voces griegas:

> Ni dexaron los latinos de sentir fatiga al tiempo que començavan a *traduzir las artes de griego en latín, en tanto que fueron forçados usar de muchos vocablos que traýa consigo la disciplina.Y el mesmo trabajo, si no me engaño, sienten todos los que se exercitan en trasladar de otra lengua en nuestra española*, so cuya correción y emienda, sale esta obrezita a luz. (Gemma Frisio, trad., *Cosmographía de Pedro Apiano,* Anvers, Juan Bellero, 1575. Pról.).

En algún momento se ofrecen disculpas por desconocer los equivalentes en español:

> El qual instrumento o nivel se representa en la figura dicha y, *a usança de Italia lo llamaremos sagoma, porque en lengua española yo no sé qué vocablo se tenga*. (Luys Collado de Lebrixa, *Plática Manual de Artillería, en la qual se tracta de la excelencia del arte militar y origen de ella*, Milán, Pablo Gotardo Poncio, 1592, fol. 65v).

Asimismo, se recurre a la experiencia de especialistas para la correcta utilización de los vocablos especializados y para aclarar su sentido:

> Cuanto pude hize por sacar a luz la grande obscuridad que los términos d'ellas tienen, *consultando los ombres doctos y personas eminentes y tracistas*. (Ginés Martínez de Aranda, *Cerramientos y trazas de montea*, Ms. de finales del XVI, «Al letor»).

De cualquier modo, es el uso empírico el que, en muchas ocasiones, justifica su incorporación frente a los términos de raigambre clásica:

> *Item,* que *los nombres puestos en lo que trato de fortificación son los más usados entre prácticos de ella*, y que no he puesto las fuerzas cumplidas por el peligro que tienen de perderse, aviendo de yr en papel más grande que el del libro. (Cristóval Lechuga, *Discurso del Capitán Cristóval Lechuga, en que trata de la Artillería y de todo lo necessario a ella*, Milán, Marco Tulio Malatesta, 1611, Pról.).

Por ello, no faltan algunos autores —sean o no traductores— que, preocupados por la precisión conceptual, establecen distinciones de carácter semántico o explicaciones:

> Declaro cómo se entiende esta palabra *arte*, qué cosa es, y qué es *sciencia* y qué lo que llamamos *oficio*, y la diferencia que ay de lo uno a lo otro. Trato de sus difinicio-

> nes y divisiones largamente. En el libro segundo declaro por qué se dixeron *artes liberales,* por qué *mecánicas y serviles* y en qué manera se conocen, deshaziendo un labirinto de opiniones. Declaro cómo se conocen conforme a la verdad, cómo conforme a la costumbre, cómo se entiende que no ay más de siete *artes liberales*, cómo se toma esta palabra *arte liberal* conforme al Derecho. (Gaspar Gutiérrez de los Ríos, *Noticia general para la estimación de las Artes,* Madrid, Pedro Madrigal, 1600, Pról.).
>
> Las *minas* se hazen en dos maneras y aun en tres. La primera invención es la que han hallado *para cavar los metales* de dentro de los montes, y esta a sido la primera y más universal. Y porque no se pueden sacar metales de la tierra ni otros minerales sin hazer minas, aunque ellas no se hazen derechas ni por línea, mas de yr siguiendo la veta de la mina del metal, y por esta causa han llamado minas al cavar en los montes la tierra, a causa de las minas de los metales.
> La segunda manera ha sido inventada de los que ponen sitio sobre las ciudades, para tomarlas a fuerça de armas; de modo que esta segunda ha sido inventada por gente de guerra, para poder minar las murallas de las ciudades y, con mucha cantidad de pólvera, dándoles fuego, que por ello caygan los muros de las ciudades y con más facilidad tomarlas. Y esta manera de minas son muy differentes de las que se hazen para cavar metales [...] *Las minas para la guerra* van por otro orden, porque estas se hazen yr a bueltas, a modo de culebra, anssí hondeando, quando a una mano y quando a la otra, siguiendo una misma manera
> [...] Mas las *minas que se hazen para passar agua*, siempre se passa de una parte a otra del monte, caso que no sea por el medio, y más d'esto, siempre caminan por línea recta los que llevan agua. (Pseudo Juanelo Turriano, *Los veintiún libros de los Ingenios y Máquinas de Juanelo Turriano*, mss. anterior a 1605, fol. 93r)[16].

Se comprueba que existen diferentes denominaciones según el grado de mayor especialización de los autores, o de nivel profesional, como ocurre entre geómetras y canteros. Los primeros debían poseer una esmerada formación:

> *El geómetra o mensurador de tierras, campos y qualquier género de superficies, cuerpos, alturas, profundidades,* ha de saber los primeros libros de Euclides, la doctrina de triángulos de Monteregio, los últimos cinco libros de Euclides con el 10, los Sphéricos de Theodosio, los Cónicos de Apolonio Pergeo, las obras de Archímedes *De Sphera*, y cilindro, etc. (Juan de Herrera, *Institución de la Academia Real Mathemática*, Madrid, Guillermo Droy, 1584, fol. 9r).

Mientras que los canteros, de menor preparación teórica, no estaban capacitados para obras de gran envergadura:

> Quando se offresciere hazer alguna division de agua, que aya de servir para algún término particular [...] el saber repartir *no le sabrá todo labrador, ni cantero, si no fuere geómetra* y harto diestro. (Pseudo Juanelo Turriano, *Los veintiún libros de los Ingenios y Máquinas de Juanelo Turriano*, mss. anterior a 1605, fol. 463r).

16 Pseudo Juanelo Turriano: *Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas de Juanelo*, Madrid, Fundación Juanelo Turriano/BNM/Editorial Doce Calles, 1996, 5 vols. de edición facsímil y 2 vols. de edición (transcripción de R. García Calvo, prólogo de Pedro Laín Entralgo y reflexiones de J. A. García-Diego).

TESORO
DE LA LENGVA
CASTELLANA, O
ESPAÑOLA.

COMPVESTO POR EL LICENCIADO
Don Sebastian de Cobarruuias Orozco, Capellan de su Magestad,
Maestrescuela y Canonigo de la santa Yglesia de Cuenca,
y Consultor del santo Oficio de la Inquisicion.

DIRIGIDO A LA MAGESTAD CATOLICA
del Rey Don Felipe III. nuestro señor.

CON PRIVILEGIO.
En Madrid, por Luis Sanchez, impressor del Rey N. S.
Año del Señor. M. DC. XI.

8.3. Sebastián de Covarrubias, Tesoro de la lengua castellana o española *(Madrid, 1611).*

> Esta regla de multiplicar círculos es muy importante para *el geómetra o nivelador que encamina aguas.* Digo para medir y repartir las aguas a muchas fuentes diferentes. (Christóval de Rojas, *Teórica y práctica de fortificación*, Madrid, Luis Sánchez, 1598, fol. 62r).

En consecuencia, cada tipo de especialistas usaba una terminología propia y específica:

> D'estos triángulos, los que fueren de yguales líneas o lados se diçen *equiláteros o yguales,* y a todos los demás que no son de lados yguales *los llamamos los canteros desiguales —aunque açerca de los geómetras tienen diferentes nombres.* (Alonso de Vandelvira, *Libro de traças de cortes de piedras,* mss., 1591, fol. 5r).

Es bastante frecuente introducir etimologías, declaraciones de vocablos oscuros y equivalencias en otras lenguas:

> Antes que vengas al uso d'estas dos tablas, *es menester que sepas la declaración de algunas palabras de que usan los astrólogos que d'esto hablan*, e, primeramente, qué cosa es *grado del anchura*. Todo cerco que se señala en el cielo, o en la tierra o en otro qualquiera cuerpo redondo, en su primera división, se reparte en trezientos e sesenta grados, *que los latinos llaman partes e los griegos méridas*. (Antonio de Nebrissa, *Tabla de la diversidad de los días y horas*, Alcalá, A. Guillen. de Brocar, 1517, fol. IVr).
>
> Y assí, todas las naciones que más han florecido en el govierno y trato de la milicia, han puesto cierto límite a la junta de la gente de guerra, no dando lugar a que el cuerpo que de toda ella se huviesse de hazer passe de cierto número señalado, el qual,

> aunque entre tanta variedad de provincias, casi fue uno, pues nunca passó de seis a ocho mil hombres, como consta de diversos autores, *los nombres con que fue nombrado fueron diferentes, porque los romanos le llamavan legión, los griegos falange, los franceses caterva y los modernos italianos y españoles le llaman batallón, y los suízaros y alemanes usan de cierto vocablo que sinifica lo mesmo*. (Diego Álaba y Viamont, *El perfeto capitán instruido en la diciplina militar y nueva ciencia de la Artillería*, Madrid, Pedro Madrigal, 1590, fol. 28r).

Los autores, y especialmente los traductores, tanto de obras clásicas como de otras coetáneas, en numerosas ocasiones precisan el sentido de las palabras nuevas mediante definiciones, introducidas, a veces, bajo la forma de glosas marginales:

> Y porque estos vocablos: —*centro, diámetro, círculo*, o *circumferencia*— no causen confusión a los lectores, que no serán versados en los términos de geometría, con la brevedad possible, diremos de cada uno de ellos qué cosa sea y en qué manera se entienda. Pero primero trataremos del centro, como fundamento que es y basis de el círculo. Y assí, digo que *el centro es aquel punto donde primero se planta y se reposa la punta del compás para formarlo*. (Luys Collado de Lebrixa, *Plática Manual de Artillería, en la qual se tracta de la excelencia del arte militar y origen de ella*, Milán, Pablo Gotardo Poncio, 1592, fol. 16r-v).

Con mucha frecuencia, también, para aclarar más el significado de ciertos términos latinos o griegos, recurren a los desdoblamientos léxicos o introducción de vocablos sinonímicos. Tales aclaraciones y explicaciones se inscriben en la corriente que abocará en la elaboración de glosarios especializados y su inclusión en estas obras. Todo este esfuerzo supone una importante conciencia terminológica, unida al convencimiento de la urgente necesidad de creación de léxico especializado romance, todo ello vinculado a una corriente de talante pedagógico muy fuerte en la época[17].

VII

Los glosarios especializados de las artes técnicas

En efecto, en el ámbito científico y técnico, durante el período renacentista y en el marco europeo se produjo una revolución terminográfica propiciada por el movimiento humanista[18]. La frecuente acuñación de neologismos en las más diversas parcelas de la actividad humana amenazaba seriamente la capacidad de in-

[17] «La tarea metalingüística de definir está ligada a la ciencia escolar y al afán divulgador» (J. Gutiérrez Cuadrado: «Sobre algunos desdoblamientos léxicos del siglo xv», en *Antiqua et Nova Romania. Estudios filológicos y lingüísticos en honor de José Mondéjar en su sexagésimo quinto aniversario*, Granada, Universidad, vol. i, 1993, p. 342).

[18] Véase B. Quemada: «La nouvelle lexicographie», en M. Teresa Cabré (ed.), *La lingüística aplicada avui. Noves perspectives, noves professions, noves orientacions*, Barcelona, Universidad (1990), pp. 55-78.

tercomprensión de los artífices, de manera especialmente arriesgada al sacar a la luz textos de la Antigüedad o traducciones de obras extranjeras coetáneas. En consecuencia, a lo largo del Quinientos se elaboraron diversos repertorios técnicos y científicos monolingües, dependientes de determinados textos integrados en campos muy especializados[19].

Así, por ejemplo, Miguel de Urrea, al trasladar el *De Architectura*, de M. Vitruvio Pollion, de latín a castellano, pretende mostrar las técnicas de construcción de la Antigüedad desde una perspectiva moderna; esto es, recuperar léxico técnico propio de la Arquitectura clásica, con lo que que introduce un inmenso caudal de neologismos en romance, fundamentalmente designaciones de realidades olvidadas entre los artífices de raigambre medieval. El tratado, compuesto por diez libros, presenta a continuación de ellos un *Vocabulario de los nombres obscuros y difficultosos que en Vitruvio se contienen, según que los architectos los declaran en lengua castellana, no teniendo respecto a sus principios, mas de cómo los entienden en los lugares donde se hallan*.

La nomenclatura —conformada por 328 entradas— acoge principalmente cultismos de origen griego, que designan elementos de la Arquitectura clásica: *área, lacunarios, columna,* etc. La definición de la mayoría de ellos se confecciona con el equivalente vulgar del término: *Área: solar; Lacunarios: zaquiçamis,* etc. A la vez, y de manera inversa, no son pocos los lemas vulgares que van acompañados del término correspondiente clásico: *armadura de puerta,* llámanse *impágines*.

El vocabulario de Urrea se inserta en la línea de lexicografía monolingüe especializada del Renacimiento español. Su contenido, en resumen, atesora una información de indudable valor para la historia de los tecnicismos de origen clásico y, en general, para la de los cultismos del español; y, asimismo —por eso lo mencionamos en el marco de este curso— constituye una notable aportación para la constitución del léxico de las artes y ciencias modernas.

Uno de los ámbitos más importantes en lo referente a la labor terminográfica es el correspondiente a la navegación. La náutica suscitó gran curiosidad entre los eruditos e intelectuales de la primera mitad del siglo, interés que continuó incrementándose durante el reinado de Felipe II. Esto explica el elevado número de obras relativas a estas cuestiones en el Siglo de Oro y, asimismo, la proliferación de referencias a la lengua marinera.

Paralelamente al aumento del caudal de conceptos e incremento de términos característicos del Arte de Navegar, derivados del propio desarrollo de la técnica, fueron engrosándose las glosas explicativas en el cuerpo del texto, hasta deesembocar, de modo gradual, en la elaboración de auténticos glosarios.

En este contexto no es de extrañar la aparición de una serie de repertorios glosográficos de tema marinero, compuestos durante el reinado del Emperador y la pri-

---

[19] Véase J. R. Carriazo Ruiz y M.ª J. Mancho Duque: «Los comienzos de la lexicografía monolingüe», en M.ª A. Medina Guerra (coord.): *Lexicografía española*, Barcelona, Ariel, 2003, pp. 204-234.

mera mitad del de Felipe II: los manuscritos *Quatri partitu* de Alonso de Chaves (ms., 1536), el *Arte de marear* de Juan Pérez de Moya, o la impresa *Hydrografía* de Andrés de Poza:

> No te admires, amigo lector, de *algunos vocablos extraordinarios de que usamos en esta segunda parte, porque, como todas las demás professiones, assí también esta de pilotage tiene recebido su particular término y modo de hablar y entenderse, pero a esto se satisfaze con la declaración que ponemos de los vocablos que son tales*.
> *Ababor* es la parte siniestra de la nao.
> *Estibor* es la parte diestra d'ella.
> *Abra* es vocablo flamenco, del qual también usan los franceses, y significa puerto.
> *Farillones* son unos peñascos que salen de la mar.
> *Abocamiento* significa la entrada y enbocamiento de un golfo, canal o puerto. (Andrés de Poça, *Hydrografía*, Bilbao, Mathías Mares, 1585, fol. 1v).

Estas recopilaciones pioneras, a causa de su brevedad –el conjunto de entradas de todas ellas es inferior al de las contenidas en el *Vocabulario* de D. García de Palacio-, han sido reputadas como obras menores. Con todo, el glosario del *Quatri partitu en cosmografía práctica, y por otro nombre Espejo de navegantes*[20] supone una aportación importante, tanto para la historia de la ciencia náutica, como para el conocimiento de la lengua técnica en la época del Emperador

En 1587 vio la luz la *Instrución náuthica* de D. García de Palacio[21], el más importante manual de náutica y construcción naval del Siglo de Oro hispánico, con un *Vocabulario* independiente, que constituye el primer diccionario náutico del español[22]. Gozó de gran difusión en los Siglos de Oro, prestigio que conservó en el siglo XVIII , lo que explica que se erigiera en la cabeza de la gran familia de recopilaciones náuticas del español[23] —salvo el glosario del *Arte para fabricar, fortificar y aparejar naos* del canario Tomé Cano (Sevilla, Luis Estupiñán, 1611) del que hablaremos enseguida—, en cuanto que casi todas ellas, hasta el monumental *Diccionario marítimo español* de 1831, la siguen, copian, corrigen y glosan y, finalmente, su inclusión, como autoridad, en el primer diccionario académico.

El *Vocabulario* de García de Palacio recoge unas quinientas voces y definiciones especializadas. Importa resaltar, no solo la amplitud de su contenido, que supera cuantitativamente a todos los repertorios anteriores en conjunto, sino, además, el hecho de ser obra totalmente original e independiente respecto de ellos. La recopilación se inserta tras el libro IV de la *Instrución náuthica* y es presentada como un diccionario especializado exhaustivo:

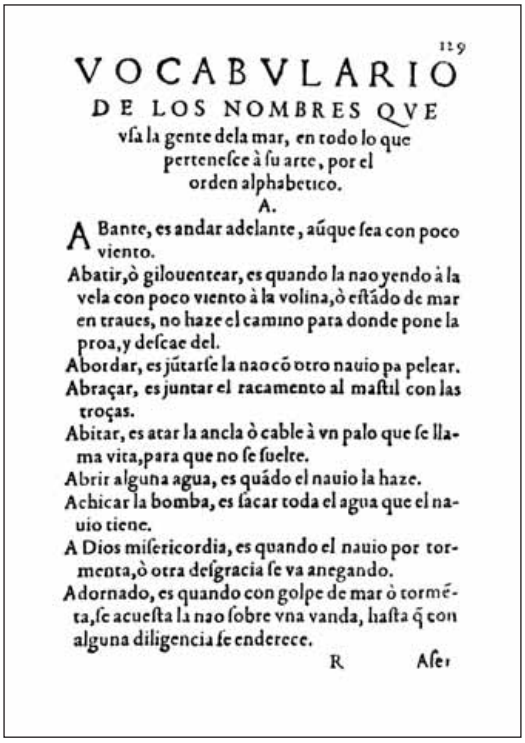
---

[20] Existe una edición moderna realizada por P. CASTAÑEDA, M. CUESTA y P. HERNÁNDEZ: *Transcripción, estudio y notas del Espejo de Navegantes de Alonso de Chaves*, Madrid, Museo Naval, 1983.

[21] México, Pedro Ocharte.

[22] Como confirman unánimemente historiadores de la navegación y de la lexicografía especializada (J. Fernández de Navarrete, C. Fernández Duro, J. F. Guillén Tato, L. Nieto Jiménez, J. Fernández Sevilla...).

[23] Véase L. NIETO: *Tesoro lexicográfico del español marinero anterior a 1726*, Madrid, Arco/Libros, 2001.



119

VOCABVLARIO
DE LOS NOMBRES QVE
vſa la gente dela mar, en todo lo que
perteneſce à ſu arte, por el
orden alphabetico.
A.

A Bante, es andar adelante, aũque ſea con poco viento.
Abatir, ò gilouentear, es quando la nao yendo à la vela con poco viento à la volina, ò eſtãdo de mar en traues, no haze el camino para donde pone la proa, y deſcae del.
Abordar, es jũtarſe la nao cõ otro nauio pa pelear.
Abraçar, es juntar el racamento al maſtil con las troças.
Abitar, es atar la ancla ò cable à vn palo que ſe llama vita, para que no ſe ſuelte.
Abrir alguna agua, es quãdo el nauio la haze.
Achicar la bomba, es ſacar toda el agua que el nauio tiene.
A Dios miſericordia, es quando el nauio por tormenta, ò otra deſgracia ſe va anegando.
Adornado, es quando con golpe de mar ò tormẽta, ſe acueſta la nao ſobre vna vanda, haſta q̃ con alguna diligencia ſe enderece.

R Aſer

8.4. Diego García de Palacio, Instrucción náutica para el buen uso y regimiento de las naos, su traza y gobierno, conforme a la altura de México *(México, 1587)*.

> Se pone una lista y cathálogo de *todos los nombres y bocablos marítimos que se contienen en el discurso de esta materia*, con declaración de ellos por el orden del ABC, para mayor inteligencia de los hombres que navegan y de quien con curiosidad lo quisiere ver y leer. (D. García de Palacio, *Instrución náuthica*, fol. 48r).

Como hemos adelantado, en 1611 se escribe el *Arte para fabricar, fortificar y aparejar naos* del canario Tomé Cano (Sevilla, Luis Estupiñán). El desarrollo de la Arquitectura Naval en el intervalo de tiempo transcurrido entre la publicación de la *Instrución* y la del *Arte* justifica la especialización del glosario de Cano, que contiene tan solo 72 términos[24]:

> Pero si en el [camino] que queda de aquí a nuestras casas quisiéredes con brevedad dezir *la declaración de los vocablos de esta fábrica*, ressibiré merced, porque aprobechará mucho para mí el intento, y el vuestro quedará del todo acabado y concluydo.

[24] Aunque en el cuerpo del tratado aparece un léxico mucho más rico. Véase C. Álvar Ezquerra: «La terminología naval de Tomé Cano», en M. Alvar: *Terminología marinera del Mediterráneo*, Madrid, Comisión Española del ALE, 1977, pp. 63-71.

> *Thomé.*— Hazerlo e como lo mandáys y por orden del abc para más facilidad de quien lo quisiere ver y entender.
> A
> *ALETAS*: son dos maderos corbados que forman la popa de la nao.
> *ALEFRIS*: es una concavidad que hazen en el madero que quieren o es necessario para que allí rematen las tablas. (Thomé Cano, *Arte para fabricar, fortificar y aparejar naos de guerra y marchante*, fol. 51v).

Mientras García de Palacio, en su afán de exhaustividad, abarca todas las materias propias de la formación de un piloto, en un intento de redactar un diccionario general náutico, el objetivo del canario es más selectivo, puesto que renuncia a tratar asuntos náuticos de manera global, para ceñirse con estricta concisión y claridad a la exposición de los principios de la Arquitectura naval y de su vocabulario, en tanto que disciplina independiente dentro de las que componen los conocimientos marineros[25]. El afán totalizador del humanismo deja paso, tras la crisis del ideal renacentista, a la mentalidad del nuevo siglo, mucho más especializado.

El avance en la literatura científica y técnica hispana se manifiesta, durante la centuria siguiente, en una serie de vocabularios especializados, de los cuales uno de los primeros y digno de mención es el *Diccionario y manera de hablar que se usa*

ARTE
PARA FABRICAR,
FORTIFICAR, Y APAREIAR NAOS
DE GVERRA, Y MERCHANTE;
Con las Reglas de Archearlas: reduzido a toda Cuẽta y Medida: y en grande vtilidad de la Navegacion.
COMPVESTO POR THOME CANO CAPITAN
Ordinario por el Rey Nuestro Señor, y su Consejo de Guerra:
Natural de las Islas de Canaria: y Vezino de Sevilla.
DIRIGIDO A DON DIEGO BROCHERO
de Anaya, Prior de Hibernia; Embaxador de Malta: del Consejo de Guerra de su Magestad: Comendador de Yebenes: Lugar Teniente del SS. Principe, Gran Prior de San Iuan, y a cuyo cargo está el despacho de la Nacion Irlandesa.
CON PREVILEGIO.
Impresso en Sevilla, en Casa de LVIS Estupiñan.
Año de 1611.

Arte para fabricar y fortificar
aparejar y archear Naos. 52
Thomé.
A.
ALETAS: son dos Maderos Corbados, q̃ Forman la Popa de la Nao.
B.
BAOS: son unos Maderos, que atraviesan de vna a otra parte de la Nao por el Vazio de dentro a trechos cuenta Vigas, que con vnos Corbatones en sus Cabeças hazen firmes los Costados en el Bao.

8.5. Portada y doble página del tratado de Tomé Cano, Arte para fabricar, fortificar y aparejar naos *(Luis Estupiñán, Sevilla, 1611). «Declaración de los vocablos de esta Fábrica [...] por orden del A, B, C, para mas facilidad de quien lo quisiere ver y entender»*

[25] Véase J. R. Carriazo Ruiz: «Consideraciones lexicográficas y lexicológicas en torno al Glosario de vocablos de arquitectura naval de Tomé Cano», en M. Campos Souto y J. I. Pérez Pascual (eds.): *De historia de la lexicografía*, La Coruña, Toxosoutos, 2002, pp. 37-49.

en las minas (Lima, 1609) de García de Llanos, primer repertorio terminológico de minería. Este *Diccionario de minas* no constituye una compilación exhaustiva, sino que se circunscribe a los minerales del Cerro del Potosí, si bien abarca todas las labores mineras. Contiene 258 voces, ordenadas alfabéticamente y numeradas, que configuran un corpus mixto, donde coexisten 160 vocablos indígenas con 98 castellanos: cuando la entrada es un indigenismo, dentro de la definición, se recoge el equivalente castellano, y cuando es un vocablo castellano, nos ofrece la forma indígena correspondiente. Su importancia radica en ser el primer repertorio concerniente a estas importantes materias.

VIII

Normalización de las voces especializadas

Se manifiesta como necesidad urgente la creación de una terminología técnica[26]. Para ello, los autores —y también los impresores, en muchas ocasiones— debían tomar decisiones y superar una serie de obstáculos a los que se enfrentaban por primera vez en su quehacer[27].

De entrada y desde un punto de vista formal, situados en el plano gráfico-fonético, debían encarar la fluctuación vocálica, propia de la época, -que no se solucionará hasta siglos después- que impedía una «normalización» globalizadora y sistemática. La vacilación del timbre de las vocales afecta a todas las series:

> *Emposta*: Ecepto el capitel y bassa, que son jónicas sus *empostas*. (Pseudo Juanelo Turriano, *Los veintiún libros de los Ingenios y Máquinas de Juanelo Turriano*, mss. anterior a 1605, fol. 201r).
>
> *Imposta*: Esto se haze porque las progecturas de las *impostas* no pasen el medio de las columnas. (Patritio Caxesi, trad., *Regla de las cinco órdenes de Architectura de Jacome de Vignola*, Madrid, Vicencio Carducho, 1593, p. x).
>
> *Laberinto*: Plinio escrive que en un *laberinto* en Egypto, que en él avía muchos maderos de pino blanco de Egypto. (Pseudo Juanelo Turriano, *Los veintiún libros de los Ingenios y Máquinas de Juanelo Turriano*, mss. anterior a 1605, fol. 237v).
>
> *Laberinthio*: acerca de los de Toscana, de los quales fuera de aquellos milagros que se leen de los reyes, de los *laberinthios* y sepulcros, están escriptas las memorias aprovadas del edificar los templos de que usava la antigua Toscana. (Francisco Loçano, trad., *Los diez libros de Architectura de León Baptista Alberto,* Madrid, Alonso Gómez, 1582, p. 165).

---

[26] Una panorámica selecta y ordenada sobre las principales cuestiones que atañen al léxico científico la ofrece B. Gutiérrez Rodilla: *La ciencia empieza en la palabra*, Barcelona, Península, 1998.

[27] Nos hemos acercado a algunos de los problemas y características de este vocabulario especializado que inicia ahora su andadura en castellano en «Aproximación al léxico de la ciencia aplicada en el Renacimiento», *Asclepio*, vol. LV, 2, 2003, pp. 23-38.

> *Laborintho*: En bajo de la ciudad de Clusio se fabricó un sepulcro de piedra quadrado, en cuya basa alta, por cinquenta pies, uvo un *laborintho* que no se podía d'él salir en manera alguna. (Francisco Loçano, trad., *Los diez libros de Architectura de León Baptista Alberto,* Madrid, Alonso Gómez, 1582, p. 238).
>
> *Laborinthio*: Los antiguos pintavan en los suelos de los portales *laborinthios* quadrángulos y redondos, en los quales se exercitassen los mochachos. (Francisco Loçano, trad., *Los diez libros de Architectura de León Baptista Alberto,* Madrid, Alonso Gómez, 1582, p. 277).

Del mismo modo, debían tomar postura frente a las estructuras parasintéticas[28], es decir, frente a las posibilidades de usar términos con prefijo incorporado, o sin él, preferentemente en el caso de verbos:

> *Firmar:* Assí quedava la coluna de todas partes derecha y assentada, la qual *firmavan* con plomo derretido en lugar de cal, lo qual aún se usa oy en día por muchos pueblos de Italia. (Diego de Sagredo, *Medidas del Romano*, Toledo, Remon de Petras, 1526, p. 70).
>
> *Quilatar*: Y en lo tocante al *quilatar* y dar leyes a qualquier diferencia de oro, guardan la orden que se declara. (Joan de Belveder, *Libro General de la reduciones de plata y oro de diferentes leyes y pesos...con otras reglas y avisos muy necessarios para estos reynos del Pirú*, Lima, Antonio Ricardo, 1597, fol VIIIr).
>
> *Afixar*: Y la regla que está *afixada* en el pie ha de tener en el medio una tabla a un altor de un hombre. (Pseudo Juanelo Turriano, *Los veintiún libros de los Ingenios y Máquinas de Juanelo Turriano*, mss. anterior a 1605, fol. 53v).

Pero también en sustantivos:

> *Atravesaño:* Esta consta de cadenas, y *atravesaños,* y juntas dobladas y con sustentáculos de erismas, que son guardas o escalas para subir. (Miguel de Urrea, trad., Marco Vitruvio Pollión, *De Architectura*, Alcalá de Henares, Juan Gracián, 1582, fol. 123v).
>
> *Travesaño*: Y sobre la graduación número treynta afixo el *travesaño*. (Andrés de Poça, *Hydrografía,* Bilbao, Mathías Mares, 1585, fol. 12r).
>
> *Atravessaño:* Y los *atravessaños* disten el uno del otro cerca de pie. (Miguel de Urrea, trad., Marco Vitruvio Pollión, *De Architectura*, Alcalá de Henares, Juan Gracián, 1582 fol. 135v).
>
> *Travessaño*: Mirar si el hilo de que cuelga está por medio del que llaman *travessaño* o no. (Diego Álaba y Viamont, *El perfeto capitán instruido en la diciplina militar y nueva ciencia de la Artillería*, Madrid, Pedro Madrigal, 1590, fol. 157r).

Asimismo, debían decidirse entre las oscilaciones de las grafías representantes de sonidos consonánticos, que estaban acusando por aquel entonces el reajuste del sistema fonológico que daría lugar al español moderno:

---

[28] Sobre este tipo de formaciones, véase S. Alcoba Rueda: «Los parasintéticos: constituyentes y estructura léxica», en S. Varela (ed.): *La formación de palabras*, Madrid, Taurus, 1993, pp. 360-379.

Cornixa: La primera pieça que devemos traçar será la *cornixa*. (Diego de Sagredo, *Medidas del Romano*, Toledo, Remon de Petras, 1526, p. 17).

Cornija: El primero e principal es que los architraves fressos, *cornijas*, frontispicios sean formados y assentados. (Diego de Sagredo, *Medidas del Romano*, Toledo, Remon de Petras, 1526, p. 68).

Cornisa: repartidas las molduras que agan su proporçión de alchitrabe, friso y *cornisa*. (Alonso de Vandelvira, *Libro de traças de cortes de piedras,* mss., 1591, fol. 111v).

Corniza: En las puentes se puede accomodar todo género de ornamento, assí como *cornizas*, columnas, frisos, pedestales, architraves, figuras, frontespicios y otras diversas cosas, con tal que sean puestas en lugares convenientes. (Pseudo Juanelo Turriano, *Los veintiún libros de los Ingenios y Máquinas de Juanelo Turriano*, ms. anterior a 1605, fol. 374r).

Desde una perspectiva pragmática, para hacer frente a las necesidades designativas, se veían abocados a hacer uso de préstamos especializados de otras lenguas. La adaptación de los préstamos léxicos era compleja y potenciaba las variaciones vocálicas, y también consonánticas:

Bedriol: Tomar se han tres onças de salitre refinado, açufre, sal común y *bedriol* romano molido. (Cristóval Lechuga, *Discurso del Capitán Cristóval Lechuga, en que trata de la Artillería y de todo lo necessario a ella*, Milán, Mateo Tulio Malatesta, 1611, fol. 97r).

Vedriol: Por donde d'ésse se haze la caparrosa o *vedriol*, y el alumbre líquido. (Pseudo Juanelo Turriano, *Los veintiún libros de los Ingenios y Máquinas de Juanelo Turriano*, mss. anterior a 1605, fol. 11v).

Vidriol: El *vidriol* romano es una substancia mineral, por la exalación y humo de la qual, dizen algunos que se engendran y reduzen en uno las materias y substancias elementales. (Bernardo Pérez Vargas, *De re metallica*, Madrid, Pierres Cosin, 1568, fol. 42v).

Vitriolo: Vemos los espíritus del antimonio, y del *vitriolo*, y del açufre, y de las sales, y de los medios minerales y de otras muchas cosas que son preparadas por la calcinación. (Sanctiago, Diego de, *Arte separatoria*, Sevilla, Francisco Pérez, 1598, fol. 39v).

Bitriollo: De barniz en grano, 2; de resina de pino y *bitriollo* romano, una. (Giuliano Ferrufino, *Descripción y tratado muy breve de lo más provechoso de la Artillería,* mss. de finales del XVI, fol. 156r).

Problemas delicados les planteaba la asimilación gráfica de los cultismos, especialmente los de origen griego:

Sphera: El primer cielo es donde tiene su assiento la Luna, que es el inferior planeta y seteno en el orden natural, el qual está constituydo en el más baxo círculo de la *sphera.* (Anónimo, *Repertorio de los tiempos*, Valladolid, Francisco Fernández de Córdova, 1554. fol. XVIr).

Esphera: Verdaderamente, el mundo con la *esphera* como por figura se representa muy al natural es una ynvención y máchina hecha sobre un exión. (Diego de Ufano, *Tratado de Artillería,* Bruselas, Juan Momarte, 1613, p. 400).

Esfera: Esfera, que, por nombre acomodado a los artilleros, llamaré globo, bala o pelota. (Diego Álaba y Viamont, *El perfeto capitán instruido en la diciplina militar y nueva ciencia de la Artillería*, Madrid, Pedro Madrigal, 1590, fol. 152v).

> *Espera*: Agora, por estos plomos yrás traçando aquella línea *esperal*, que diçen los geómetros que ba rodeando a manera de caracol, por la qual se sacan las plantas. (Alonso de Vandelvira, *Libro de traças de cortes de piedras,* mss., 1591, fol. 65v).

IX

Los préstamos en el campo de la técnica

La procedencia de estos términos especializados variaba en función de la propia tradición del cultivo de la técnica. Así, en la construcción naval se aprecia la contraposición entre una terminología mediterránea —italianismos, catalanismos, etc.— frente a otra atlántica —lusismos, galicismos, etc.—. En la artillería, y arte militar, en general, el origen de los préstamos viene sugerido en muchas ocasiones por las mismas zonas donde se entabla el conflicto armado. En la carpintería de lo blanco son muy frecuentes los arabismos, algunos de los cuales se documentan precisamente en estos textos por primera vez en nuestra lengua:

> *Albanecar*: Aquí verás cómo en las piesas quadradas que tienen ángulos conosidos tienen cortes a su medida, como lo es esta lima bordón y otras de limas moamares, pues, por el *albaneca* es conosido su cartabón a que arma y su cos de limas. (Diego López de Arenas, *Breve compendio de la carpintería de lo blanco*, mss. 1619, fol. 5r)[29].
>
> *Alfarda*: Por la presente demostración, sacarás el largo de las péndolas del lima bordón nones en esta manera: saca el *alfarda* del armadura, digo, el largo, desde la barbilla al copete, y quítale la mitad del grueso de la lima. (Diego López de Arenas, *Breve compendio de la carpintería de lo blanco*, mss. 1619, fol. 7r)[30].
>
> *Alfarje:* Este paño colado se haze, y otros semejantes, guarnesiendo los entableros, para debajo de una tribuna, o en otra parte que se clave por debajo en *alfarjes* o suelos hallados, como está en la iglesia de Omnium Santorum y otras partes. (Diego López de Arenas, *Breve compendio de la carpintería de lo blanco*, mss. 1619, fol. 36r)[31].

---

[29] Real Academia Española: *Diccionario de la Lengua Española,* 22, Madrid, Espasa Calpe, 2001 (citado, a partir de ahora, DRAE): «*albanecar* (Cf. *albanega*) *Carp*. Triángulo rectángulo formado por el par toral, la lima tesa y la solera». J. Corominas y J. A. Pascual: *Diccionario Crítico Etimológico Castellano e Hispánico*, Madrid, Gredos, 1980-1991 (a partir de ahora, citado como DCECH): «ALBANEGA, 'cofia o red para recoger el pelo' 'manga para cazar conejos', del ár. *banīqa* 'pieza triangular que se agrega a una prenda de vestir para ensancharla', 'cofia', 'gorro de mujer'. 1.ª doc.: 1330, [...] Procede del mismo étimo *albanécar* (Dozy; 'cierta estructura de carpintería, de forma triangular'». Agradecemos la amable información proporcionada por G. Herráez Cubino).

[30] DCECH: «ALFARDA II, 'paño que cubría el pecho de las mujeres', del ár. *farda* 'cada uno de las dos piezas que constituyen un todo (hoja de puerta, etc.), 'cada uno de los paños con que se cubren las mujeres sudanesas el pecho y el abdomen con los muslos'. 1.ª doc.: 1303, doc. de Toledo, en las Memorias de Fernando IV. [...] El cast. *alfarda* significa además 'cada uno de los maderos que en una armadura forman el tejado', ac. bien comprensible dada la fundamental arábiga. [...]».

[31] DCECH: «ALFARJE II 'techo de maderas labradas', del ár. *fars* 'pavimento', 'piso que separa dos altos de una casa'. 1 ª doc.: 1633. [...] En López de Arenas (1633) (cap. I, pp. 37, 172) significa 'artesonado', y también 'cada una de las piezas o artesones que componen el alfarje'» .

> *Almarbate*: Esta montea es de este paño de ocho de la foja 24, y porque arma más agro que el quatro y medio, pondrás, subiéndole la calle de lazo del *almarbate*, otra calle que dará con más suabe arrimar. (Diego López de Arenas, *Breve compendio de la carpintería de lo blanco*, mss. 1619, fol. 25r-v)[32].
>
> *Azafate:* La taravea contiene en sí dos costadillos de *safates* y una boquilla del tandilejo del lazo que se quiera ver. (Diego López de Arenas, *Breve compendio de la carpintería de lo blanco*, mss. 1619, fol. 32r)[33].

Cuando se trataba de una técnica más noble, de raigambre clásica, como por ejemplo, vinculada a la arquitectura, lo que predominaba eran los helenismos, que frecuentemente eran glosados en el texto o insertados en los glosarios específicos:

> *Acroteria*: Encima, otrosí, del dicho frontispicio se assientan comúnmente tres peanas para tres estatuas o candeleros, que se ponen por último remate, llamados por los griegos *acroterias*, que quieren dezir 'supremas alturas' o 'remates'. (Diego de Sagredo, *Medidas del Romano*, Toledo, Remon de Petras, 1526, p. 68)
>
> *Acroterias*: pedestales en los edificios. (Miguel de Urrea, trad., Marco Vitruvio Pollión, *De Architectura*, Alcalá de Henares, Juan Gracián, 1582, fol. 139r)[34].
>
> *Obelisco*: En lugares convenientes se levantavan señales o términos, los quales rodeassen los competientes, o hombres o bestias, pero los principales paraderos eran tres: la de en medio d'ellas era la más principal de todas, y era quadrangular y alta, poco a poco adelgazando, y porque assí adelgazava la llamavan *obelisco*, que es lo que nós dezimos aguja. (Francisco Loçano, trad., *Los diez libros de Architectura de León Baptista Alberto,* Madrid, Alonso Gómez, 1582, p. 260).
>
> *Próstilo*: edificio que tiene antes o contrafortes como antis, que son aquellos pilastrones que están en las esquinas, y tiene más dos columnas contra las antas angulares, y tiene sus architraves como las antas. (Miguel de Urrea, trad., Marco Vitruvio Pollión, *De Architectura*, Alcalá de Henares, Juan Gracián, 1582, fol. 142v).
>
> *Éustilos*: quinto género de templos quando están las columnas con justa distribución de los entrecolumnios. (Miguel de Urrea, trad., Marco Vitruvio Pollión, *De Architectura*, Alcalá de Henares, Juan Gracián, 1582, fol. 141r).

Igualmente, se comprueba que las disciplinas más emparentadas con la ciencia que se estudiaba en las universidades, ostentan un léxico bastante culto. Es lo que sucede con la geometría, donde proliferan prefijos y sufijos de origen griego:

> Triángulo es figura que tiene tres ángulos, el qual puede ser de tres maneras, conviene a saber: *ortogonio, ambligonio, oxigonio*. *Ortogonio* se llama quando uno de los tres

---

[32] DCECH: «ALMARBATE 'madero del alfarje que une las alfardas', del hispanoárabe *marbát* (ár. *mírbat*) 'atadura', de la raíz *r-b-t 'atar'*. 1.ª doc.: 1633, López de Arenas».

[33] DCECH: «AZAFATE, 'canastillo llano y con borde de poca altura, bandeja', del ár. *safat* 'cesta de hojas de palma', 'enser donde las mujeres ponen sus perfumes y otros objetos'. 1.ª doc.: *Açafate* 1496».

[34] DRAE: «*Arq*. Cada uno de los pedestales que sirven de remate en los frontones, y sobre los cuales suelen colocarse estatuas, macetones u otros adornos».

> ángulos es rectángulo. *Ambligonio*, quando es romo. *Oxigonio*, quando todos tres son agudos. (Diego de Sagredo, *Medidas del Romano*, Toledo, Remon de Petras, 1526, p. 16).
>
> El qual instrumento es hecho a modo de una A antigua, y también es hecho sobre un triángulo *esagonio*. (Pseudo Juanelo Turriano, *Los veintiún libros de los Ingenios y Máquinas de Juanelo Turriano*, mss. anterior a 1605, fol. 50r).
>
> Y advierto que es lo mesmo dezir *poligonio* regular que equilátero y equiángulo. (Juan Alfonso de Molina Cano, *Descubrimientos geométricos*, Anveres, Andrea Bacx, 1598, fol. 19r).

Ello no quiere decir que estén ausentes los arabismos en las matemáticas:

> Diversos nombres tiene esta regla acerca de varios authores. Unos la llaman regla de *álgebra*, que quiere dezir *restauratio*, o *almucábala*, que quiere dezir opposición o absolución, porque por ella se hazen y absuelven infinitas qüestiones (y las que son impossibles nos las demuestra) assí de arithmética como de geometría, como de las demás artes (que dizen) mathemáticas. Otros la nombran Regla de la Cosa o del Cos, porque obrando el nombre bien se le allega. Otros, Reglas Reales o Arte Mayor. Llámese como cada uno quisiere, su fin no es otro sino mostrar hallar algún número proporcional dudoso demandado. (Juan Pérez de Moya, *Arithmética práctica y speculativa*, Salamanca, Matías Gast, 1562, p. 387).

A veces parecen competir los helenismos con los latinismos, en una especie de rivalidad léxica:

> Y si se haze en fuego seco, de qualquiera materia que sea el instrumento, cobra la cosa la calidad de fuego y pierde la suya, por la que diximos que llaman los griegos *empyreuma* y los latinos *ignición*. (Francisco de Valles, *Tratado de las aguas destiladas*, Madrid, Luis Sánchez, 1592, fol. 36v)[35].
>
> Los propios *alexifármacos* son participantes de veneno, medios entre nuestra naturaleza y veneno puro. (Francisco de Valles, *Tratado de las aguas destiladas*, Madrid, Luis Sánchez, 1592, fol. 22v)[36].
>
> Es verdad que no es cremable como leña o piedras, pero ni ignición (aunque es como rastro de fuego) es *ustión*, mas aquel rastro bien vemos que qualquier género de suzio le pueden recebir, y se asuran, y si no ¿por qué en las elixaciones de todos ellos se encomienda tanto que se hagan con fuego manso? (Francisco de Valles, *Tratado de las aguas destiladas*, Madrid, Luis Sánchez, 1592, fol. 9v)[37].

---

[35] Derivado del griego ἐμπυρεύειν 'poner a asar' (DCECH). «*Dest*. Olor y sabor particulares, que toman las sustancias animales y algunas vegetales sometidas a fuego violento». (DRAE 2001). Información amablemente suministrada por M. T. Cantillo.

[36] *Alexifármaco*, del gr. ἀλεξιφάρμακον, comp. de ἀλέξειν 'apartar' y φάρμακον 'veneno'. 1555 (DCECH). «*Farm*. Dícese de la sustancia o del medicamento preservativo o correctivo de los efectos del veneno». Real Academia Española: *Diccionario histórico de la lengua española*, directores: J. Casares, V. García de Diego, R. Lapesa, M. Seco, tomo I (fascículos 1-10: 1960-72), Madrid, Imp. Aguirre, 1972; tomo II (fascículo 11, 1974-86).

[37] *Ustión*, del lat. *ustio*, *-onis* (DRAE 92). Derivado culto de *urere* 'quemar'. «*Dest*. Voz de farmacia o de química, la preparación de alguna sustancia que se hace por medio del fuego». (E. Terreros y Pando: *Diccionario castellano con las voces de ciencias y artes...*, Madrid, Imp. Ibarra, 1786-1793. [Ed. Facsímil, Madrid, Arco Libros, 1987]).

> Dizen los destiladores que tienen esprimentando que por el barro passa mucha humedad del baño, tanto que, puesto el vaso de barro vacío sobre el baño y con *opérculo*, destila agua. (Francisco de Valles, *Tratado de las aguas destiladas*, Madrid, Luis Sánchez, 1592, fol. 35v)[38].

Los americanismos son muy abundantes en el campo de la metalurgia y minería[39]:

> Los metales que llaman *chumbis*, de este cerro de Potosí, mineral de Chocaya, y otros, tienen mucho hierro. (Álvaro Alonso Barba, *Arte de los metales en que se enseña el verdadero beneficio de los de oro,* Madrid, Imprenta del Reino, 1640, p. 57).
>
> Cómo se funden los *soroches* solos, o mezclados con ellos otros metales, por reververación. (Álvaro Alonso Barba, *Arte de los metales en que se enseña el verdadero beneficio de los de oro,* Madrid, Imprenta del Reino, 1640, p. 160).
>
> *Quipi*: En la general es lo que en nuestro vulgar «mochila». Úsase mucho en el Cerro porque, como los indios suben a él para asistir toda la semana, llevan sus mochilas. (García de Llanos, *Diccionario y maneras de hablar que usan en las minas*, mss. de 1609, p. 205).
>
> *Sillos*: Es cierta herramienta. Díjose en la palabra herramienta. (García de Llanos, *Diccionario y maneras de hablar que usan en las minas*, mss. de 1609, p. 117).
>
> *Comba* se dice de *cumpa*, que en la general quiere decir 'martillo grande'. (García de Llanos, *Diccionario y maneras de hablar que usan en las minas*, mss. de 1609, Ed. Ramiro Molina Barrios, La Paz, Musef, 1983, p. 54).

Las diferencias geográficas en el léxico dependen también de la propia zona de origen de los cultivadores de estas técnicas. Así, son frecuentes los aragonesismos en la obra del Pseudo Juanelo Turriano[40]:

> *Acirón (açirón)*: Loan mucho el árbol corniol para hazer clavijas y caxales de ruedas de anorias, y para palos de linternas y para hazer barrones de escalas de mano. Y las hazían del árbol ormelo, o de ramas de azar, o *açirón.* (Pseudo Juanelo Turriano, *Los veintiún libros de los Ingenios y Máquinas de Juanelo Turriano*, ms. anterior a 1605, fol. 242v)[41].
>
> *Alguaza (alguaça):* Puédese levantar esta puente de muchas maneras. Primeramente, que tuviesse unas *alguaças* y se levantassen en las dos puentes, como se levantan las puentes levadizas de las ciudades o de los castillos, con sus cadenas y maderos con sus contrapesos. Y las *alguaças* las hazen que ellas sean muy rezias y muy bien enclavadas en la puente de madera. Y donde juegan estas *alguaças*, que son unos cardines de hierro muy rezios, y muy bien assentadas en las piedras, y emplomadas

---

[38] *Opérculo,* del lat. *operculum,* 'tapadera' (DCECH). «*Dest*. Pieza generalmente redonda que, a modo de tapadera, sirve para cerrar ciertas aberturas». (DRAE, 2001).

[39] Sobre este tema véanse los trabajos de J. Sánchez Gómez, entre los que destacamos para este período: *De Minería, Metalurgia y Comercio de Metales. La minería y la metalurgia no férrica en España, 1450-1600*, Madrid/Salamanca, Ed. Universidad de Salamanca/Instituto Geotécnico Minero, 1989.

[40] Véase J. A. Frago: *Un autor aragonés para «Los veintiún libros de los ingenios y de las máquinas»*, Zaragoza, Diputación General de Aragón, 1988.

[41] Agradecemos a M. Quirós la amabilidad de estos datos.

> dentro la piedra, y, assí, sirven muy bien para hazer su effecto. (Pseudo Juanelo Turriano, *Los veintiún libros de los Ingenios y Máquinas de Juanelo Turriano*, ms. anterior a 1605, fols. 391v-392r).
>
> *Cantonada*: Los antiguos acostumbraron para remediar estos casos que suelen acaeçer en los tales edifiçios, en particular en las *cantonadas*. (Pseudo Juanelo Turriano, *Los veintiún libros de los Ingenios y Máquinas de Juanelo Turriano*, ms. anterior a 1605, fol. 186v).
>
> *Capaza (capaça):* Y, después, las ponen dentro de unos vasos hechos de esparto, lo que queda dentro del saco y, entonces, le buelven a moler y ponerle, después de buelto de moler, dentro de unas *capaças* d'esparto, las quales son redondas. (Pseudo Juanelo Turriano, *Los veintiún libros de los Ingenios y Máquinas de Juanelo Turriano*, ms. anterior a 1605, fol. 333r).
>
> *Gallipuente*: Y para hazer este *gallipuente* que pueda resistir al trabajo de la mucha agua que se le acumula, conviene que en el hazerlos, que se haga en el medio un ángulo obtuso, a causa que es de mayor fuerça que ningún otro ángulo, y porque el agua vendrá a herir en los pilares de esquina. (Pseudo Juanelo Turriano, *Los veintiún libros de los Ingenios y Máquinas de Juanelo Turriano*, ms. anterior a 1605, fol. 83r).

Sin que falten los catalanismos:

> *Ascla*: Porque ay algunas especies de piedra que en discurso de tiempo ellas se corcomen, como haze la madera, y se deshazen de sí mesmas, y otras rebientan o vanse en *asclas* por causa de los yelos, y otras se comen de las exhalaciones. (Pseudo Juanelo Turriano, *Los veintiún libros de los Ingenios y Máquinas de Juanelo Turriano*, ms. anterior a 1605, fols. 249v-250r)[42].
>
> *Bogada*: Pues para el servicio de las casas mayormente el hazer *bogadas* y otras cosas neçessarias al servicio de las casas, y por causa del agua no tienen cosa limpia. (Pseudo Juanelo Turriano, *Los veintiún libros de los Ingenios y Máquinas de Juanelo Turriano*, ms. anterior a 1605, fol. 152v).
>
> *Gafa*: Y estas piedras, tanto para muelle como para puerto, han de ser muy grandes y gruessas, bien assentadas y asidas las unas con las otras con sus presas de hierros o *gafas* bien emplomadas, y, si serán de bronzo o de metal, será mucho mejor. (Pseudo Juanelo Turriano, *Los veintiún libros de los Ingenios y Máquinas de Juanelo Turriano*, ms. anterior a 1605, fol. 413v).

Ni tampoco, por la propia complejidad de la trasmisión de estos manuscritos, los italianismos[43]:

> *Castelo*: También se llama *castelo* el lugar donde se vierte la agua por los caños, que es el fin de la fuente, según es llamado de Vitruvio, y León Baptista (*De re edificandi*) le llama inçile el principio o espeço, y al fin d'ella, emissario o *castelo*, de modo que estos nombres son muy differentes, aunque ellos denotan el principio y fin de la cosa, y mayormente la cosa de fuente. (Pseudo Juanelo Turriano, *Los veintiún libros de los Ingenios y Máquinas de Juanelo Turriano*, ms. anterior a 1605, fol. 77r-v).

[42] Información proporcionada por gentileza de M. Quirós.

[43] Agradecemos a M. Quirós el ofrecimiento de estos datos.

Gastice (gastiçe): Para pintar es muy bueno el álamo, y el g*astiçe*, y el salz, y el árbol carpino, y el serval, y el sauze o saúco, y la higuera. De modo que estos árboles son muy buenos, por causa de la sequedad que tienen ellos en sí y la ygualdad que tienen para que la cola apegue en esto muy maravillosamente. (Pseudo Juanelo Turriano, *Los veintiún libros de los Ingenios y Máquinas de Juanelo Turriano*, ms. anterior a 1605, fol. 243r).

Licio (liçio): El olivo azebuche ny el *liçio*, que en todo es ygual con el roble, mas tiene esta ventaja, que no se corrompe dentro del agua de la mar; en todo lo demás son yguales en bondad. (Pseudo Juanelo Turriano, *Los veintiún libros de los Ingenios y Máquinas de Juanelo Turriano*, ms. anterior a 1605, fol. 240r).

Ontano: Tomaremos principio el vernio o *ontano*, el qual árbol es muy mejor para hazer estadas dentro de agua, o para fundamentos de edificios donde aya de entrevenir madera. Es mejor que ningún otro árbol para este efecto, el qual çufre el humor. (Pseudo Juanelo Turriano, *Los veintiún libros de los Ingenios y Máquinas de Juanelo Turriano*, ms. anterior a 1605, fol. 239v).

X

La neología formal

Ahora bien, los tecnicismos pueden crearse desde la propia lengua mediante procedimientos morfológicos[44]. Como es normal en los lenguajes especializados, los más abundantes pertenecen a la categoría léxica de los sustantivos. En técnicas relacionadas con la Medicina y la Filosofía, como la destilación, en la que predominan los procesos, proliferan los sustantivos abstractos derivados de verbos:

Fricación: Y, hecho esto, échenlo todo en un basso de barro ancho y estreguen con las manos las dichas cáscaras en el vinagre y azeyte, como quien enjabona. Y esta *fricación* se a de hazer por lo menos una hora. (Diego de Sanctiago, *Arte separatoria*, Sevilla, Francisco Pérez, 1598. fol. 141v).

Exhalación: La manera común de sacarlo es por *exhalación* y vapor, como agua, con alambiques o vasos de cuello tuerto. (Bernardo Pérez Vargas, *De re metallica*, Madrid, Pierres Cosin, 1568, fol. 186r).

Disolución: Muchos dudan de la *disolución* de los metales, y en particular de la del oro. (Diego de Sanctiago, *Arte separatoria*, Sevilla, Francisco Pérez, 1598. fol. 80v).

Decantación: Sáquense por *decantación*, sin remover la residencia. (Diego de Sanctiago, *Arte separatoria*, Sevilla, Francisco Pérez, 1598. fol. 77r).

Declinación: E, sacando el agua por *declinación*, sin que se remueva la residencia, en ella queda el dicho metal dissuelto. (Diego de Sanctiago, *Arte separatoria*, Sevilla, Francisco Pérez, 1598. fol. 13r)[45].

[44] Véase la síntesis que sobre estos aspectos ofrece M.ª A. Martín Zorraquino: «Formación de palabras y lenguaje técnico», *Revista Española de Lingüística*, 27, 1997, pp. 317-339.

[45] Datos amablemente proporcionados por M.ª T. Cantillo.

8.6. Sebastián de Covarrubias (Toledo 1539 - Cuenca 1613). *Hijo de Sebastián de Orozco, autor de un famoso* Cancionero *y de una colección de* Refranes y adagios comunes y vulgares de España*, estudió en Salamanca desde 1565 hasta 1571. Ordenado sacerdote en 1567, es nombrado Capellán de Su Majestad en 1579. Canónigo de la catedral de Cuenca, en marzo de 1602 fue designado maestrescuela del cabildo. Por la primavera de 1605 comenzó la redacción de su diccionario y en 1610 publicó sus* Emblemas morales*. El* Tesoro de la lengua castellana o española *vio la luz en 1611, cuando su autor ya había cumplido los 70 años. Falleció en octubre de 1613 en Cuenca y sus restos reposan en la catedral donde desarrolló su actividad.*

La finalidad del Tesoro *era constituir un repertorio alfabético de las etimologías en español, a imitación de las* Etimologías latinas *de San Isidoro. Sin embargo, su máximo valor es el de establecer los fundamentos de la lexicografía monolingüe española; el de erigirse en un auténtico diccionario general de la lengua y el de ser el primero de una lengua romance publicado en Europa. Paradójicamente, lo menos interesante son las fantasiosas etimologías, muy condicionadas por prejuicios propios de la época. Lo verdaderamente importante es que, al hilo de ellas, se presenta el inventario más granado de la lengua española del Siglo de Oro: un precioso caudal de voces, locuciones y refranes, arcaísmos, neologismos y giros de empleo restringido en lo social y en lo regional, en una concepción totalizadora del lenguaje. Covarrubias se revela como un apasionado observador del habla viva, de la lengua coloquial, de los modos de expresarse los distintos estamentos que conformaban la sociedad de su tiempo, así como de las principales variedades que dinstingue la lingüística actual.*

En otros ámbitos más artesanales, uno de los procedimientos lexicogenésicos más rentables es la utilización de determinados sufijos patrimoniales para designar instrumentos. Así sucede con *-illo*:

> *Costadillo*: *Costadillo* de dies, cabesa del cartabón de dies en la media calle, y *costadillo* del safate harpado. (Diego López de Arenas, *Breve compendio de la carpintería de lo blanco*, mss. 1619, fol. 8v).
>
> *Nudillo*: Con el mismo cartabón puedes hazer un armadura de par y *nudillo*. (Diego López de Arenas, *Breve compendio de la carpintería de lo blanco*, mss. 1619, fol. 2r).
>
> *Blanquillo*: Para el lazo de ocho son menester tres cartabones: el quadrado, y el de ocho y el *blanquillo.* Sale el de ocho por la cola del quadrado y e*l blanquillo* por la cabesa de ocho. (Diego López de Arenas, *Breve compendio de la carpintería de lo blanco*, mss. 1619, fol. 7v).
>
> *Husillo*: Para traçar este dicho caracol de *husillo*, le formarás la planta çircular como pareçe en la çircunferençia (Ginés Martínez de Aranda, *Cerramientos y trazas de montea,* ms. de finales del XVI, p. 227).
>
> *Garabatillo*: Y luego se va a la boca de la pieça y coteja con el medio de su mayor ampleza el tamaño y mesura que ay dende la última señal hasta la punta del *garabatillo*, y si aquel viene justo con el diámetro de la boca signiffica ser la pieça de caña seguida. (Diego de Ufano, *Tratado de la Artillería,* Bruselas, Juan Momarte, 1613, p. 294).
>
> *Bastoncillo*: Y el *bastoncillo* es un pequeño óvolo. (Francisco Loçano, trad., *Los diez libros de Architectura de León Baptista Alberto traduzidos del latín al romançe,* Madrid, Alonso Gómez, 1582, p. 205).

O con *-dor*[46]:

> *Apuntador*: Y de hora en hora se rebuelven las brassas de la cendra con un *apuntador* de hierro, porque no se tiña la cendra. (Bernardo Pérez Vargas, *De re metallica*, Madrid, Pierres Cosin, 1568, fol. 132v).
>
> *Batidor*: Fornidas de platas, estafas, aros, bridas y de fuertes pernos, dados, visagras y lorigas, rosetas, coxinetes y contracoxinetes, *batidores* o paletones, garavatos y aldabas. (Luys Collado de Lebrixa, *Plática Manual de Artillería, en la qual se tracta de la excelencia del arte militar y origen de ella*, Milán, Pablo Gotardo Poncio, 1592, fol. 102r).
>
> *Quilatador:* Se deve tener hecho un *quilatador,* que es un instrumento de metal que tiene unos agujeros hechos en tal orden, que por el primero entra al justo una perla perfecta de un quilate de peso; por el segundo, entra otra de dos quilates de peso; por el tercero entra otra de tres quilates; por el quarto entra otra de quatro quilates, y assí va hasta el postrero que es tan grande como una perla de diez quilates. (Joan Arphe de Villafañe, *Quilatador de la plata, oro y piedras*, Valladolid, Alonso y Diego Fernández de Córdova, 1572, fol. 66v).

[46] Véanse, al respecto, B. LACA: «Las nominalizaciones orientadas y los derivados españoles en *-dor* y *-nte*», en S. VARELA (ed.): *La formación de palabras*, Madrid, Taurus, 1993, pp. 180-204; J. A. PASCUAL y M.ª N. SÁNCHEZ GONZÁLEZ DE HERRERO: «Una forma particular de amalgama morfológica: Notas sobre la historia de *-dor* y *-dero* en español», en J. A. BARTOL, J. F. GARCÍA SANTOS y J. SANTIAGO GUERVÓS (eds.): *Estudios filológicos en Homenaje a Eugenio de Bustos Tovar*, Salamanca, Publicaciones Universidad, 1992, pp. 675-698.

> *Tapador*: Luego, se hecha otro lecho de polvo y encima otro de oro de la mesma forma, y otro de polvo y otro de oro, hasta hinchir la holla. Después que está llena, se cubre con un *tapador* de barro y se embarra alrededor. (Joan Arphe de Villafañe, *Quilatador de la plata, oro y piedras*, Valladolid, Alonso y Diego Fernández de Córdova, 1572, fol. 26r).

XI

La neología semántica

Claro es que, además de inventar palabras, otro procedimiento consiste en emplear voces normales a las que se les dota de un sentido especial. Surgen, así, términos que a partir de ese momento reciben una acepción técnica definitiva, que les diferencia de lo que es regla en la lengua común. A veces, puede advertirse una lucha entre vocablos por alzarse con la especialización semántica, como se aprecia en los ejemplos siguientes, entre *trancado*, *roto* o *quebrado*, en aritmética:

> *Trançado*: Y dirás que ay uno entero y que sobran 14. Pues pon el uno que ay delante de los dos *trançados* o *rotos*, y después pon una raya delante del uno y pon encima los 14 que sobran, y debaxo el común denominador, que son los 24. (Juan de Ortega, *Conpusición de la Aritmética y juntamente de Geometría*, León, Maistro Nicolau de Benedictis, 1512, fol. 47v).
>
> *Roto*: Como mejor entenderéys por las reglas que los arithméticos dizen de números *rotos* o *quebrados*. (Juan Pérez de Moya, *Arithmética práctica y speculativa*, Salamanca, Matías Gast, 1562, p. 569).
>
> *Quebrado*: Número en esta arte se dize qualquiera quantidad quando la entendemos compuesta de unidades, o sea número entero, o sea *quebrado.* (Pedro Núñez Salaciense, *Libro de Álgebra en Arithmética y Geometría*, Anvers, Herederos d'Arnoldo Birckman, 1567, fol. 1r).

En efecto, la metáfora, aunque se la suela relacionar con la literatura e, incluso, con la poesía, es un recurso muy común en el lenguaje técnico[47]. Afortunadamente, los propios autores explican en algunas ocasiones los vínculos semánticos entre el significado propio y el figurado, e incluso se preocupan por hallar sinónimos aclaratorios:

> Y desta manera procederás hasta que llegues o passes casi al punto; mas a perfectión no llegarás, porque, como te he dicho, de la *rayz sorda* no se puede dar precisamente, porque, si se pudiera dar, no sería *sorda*, y por tanto se llaman *sordas o imperfectas*, porque es trabajar en balde buscarles perfectión. (Juan Pérez de Moya, *Arithmética práctica y speculativa*, Salamanca, Matías Gast, 1562, p. 400).

[47]Como puso de manifiesto A. Martín Municio: «La metáfora en el lenguaje científico», *BRAE*, 72, 1992, pp. 221-249. Véase, al respecto, M.ª J. Mancho: «La metáfora corporal en el lenguaje científico-técnico del Renacimiento», en *Homenaje a D. Antonio Quilis,* 2005.

Se comprueba, por tanto, que las lenguas especiales tienden a crear polisemia por su afán de especializar significados de palabras preexistentes. En consecuencia, los contenidos se van adensando y estratificando, como sucede, por ejemplo, con el de los sustantivos en *-ción*. Estos designan, en primer lugar, 'operaciones, procesos', y en una segunda fase 'productos resultados de los mismos':

> *Sublimación:* La tercera operación principal del alchimia es un apartamiento que se haze de las partes subtiles y gruessas de los metales y minerales, y que haze restringir y apretarse las materias graves, terrestres y levantando y subiendo las livianas, aéreas. Esta *sublimación* se haze de dos maneras: o subiendo, o baxando. (Bernardo Pérez Vargas, *De re metallica*, Madrid, Pierres Cosin, 1568, fol. 189r-v)[48].
>
> *Sublimación*: En cada onça de esta *sublimación* se echará una libra de los dichos espíritus. (Diego de Sanctiago, *Arte separatoria*, Sevilla, Francisco Pérez, 1591. fol. 84r)[49].

O con los derivados en *-dor*, que pueden designar 'agentes', 'profesiones', 'instrumentos' —como ya hemos señalado anteriormente—, pero también 'lugares'[50], y todo ello en diferentes áreas técnicas o designativas y, además, susceptibles de recibir progresivas especificaciones:

> La gente d'ella es ligera; grandes *corredores* e braceros. (Martín Fernández de Enciso, *Suma de Geographía*, Sevilla, Juan Cromberger, 1530, fol. LIVV).
>
> El Maestre de Campo General se encaminará con la vanguardia embiando *corredores* delante, los quales han de yr a vista siempre de la vanguardia, ganando los altos para descubrir y las partes donde puede aver emboscadas. (Cristóval Lechuga, *Discurso del Capitán Cristóval Lechuga, en que trata de la Artillería y de todo lo necessario a ella*, Milán, Mateo Tulio Malatesta, 1611, p. 71).
>
> Movido, pues, el exército y prevenida la orden del marchar y *corredores de a cavallo* que descubran y allanen los caminos. (Diego García de Palacio, *Diálogos militares*, México, Pedro Ocharte, 1583, fol. 67r).
>
> Los *corredores* no pueden tomar para sí las mercaderías que les fueren dadas para vender. (Hugo de Celso, *Reportorio universal de todas las leyes d'estos reynos de Castilla*, Medina del Campo, Juan María de Terranova y Jacome de Liarcari, 1553, fol. CCXVIV).
>
> El *corredor de lonja,* o persona que se halla en mediar y tratar de la dicha barata entre las partes, les concierta. (Joan de Belveder, *Libro General de la reduciones de plata y oro de diferentes leyes y pesos...con otras reglas y avisos muy necessarios para estos reynos del Pirú*, Lima, Antonio Ricardo, 1597, fol. 193r).
>
> Para los nobles y que goviernan se han de hazer los zaguanes y entradas reales, altos los *corredores*, los patios muy anchos, bosques, arboledas, passeaderos o *corredores* más espaciosos, acabado todo con hermosura de perfecta materia. (Miguel de Urrea, trad., Marco Vitruvio Pollión, *De Architectura*, Alcalá de Henares, Juan Gracián, 1582, fol. 85v).

[48] *Sublimación*, del lat. *sublimatio* (DCECH). «Dest. Acción de sublimar». (DRAE 2001).

[49] *Sublimación*, del lat. *sublimatio* (DCECH). Dest. Sustancia obtenida mediante la sublimación.

[50] Estos valores desde una perspectiva diacrónica son analizados por J. A. PASCUAL: «El enfoque histórico en los procedimientos derivativos del léxico español», *Voces*, 8-9, 1997-1998, pp. 249-264, especialmente en pp. 254-257.

> Traen en todos estos navíos *corredores* muy curiosos en popa sobre el governalle, de que a su imitación usan aora los portugueses en sus galeones y naos de la India. (Bernardino de Escalante, *Discurso de la navegación que los portugueses hazen a los reinos y provincias del Oriente, y de la noticia que se tiene de las grandezas del reino de la China*, Sevilla, Biuda de Alonso Escrivano, 1577, fol. 57v).
>
> *Corredor bolado* sin colunas formado de arcos por arista por robos. (Ginés Martínez de Aranda, *Cerramientos y trazas de montea,* mss. de finales del XVI, p. 109).
> Aviendo de hazer portal o *corredor de orden Jónica*, se arán los pilares de grueso de 3 módulos. (Patritio Caxesi, trad., *Regla de las cinco órdenes de Architectura de Jacome de Vignola*, Madrid, Vicencio Carducho, 1593, p. XVI)[51].

Derivado de la especialización semántica es el surgimiento de familias léxicas, como puede comprobarse en el campo de la destilación:

> *Sublimar:* Y esto échenlo en otra bufada y buélbanle a *sublimar* por la orden dicha, en reverbero por otros treynta días. (Diego de Sanctiago, *Arte separatoria*, Sevilla, Francisco Pérez, 1598, fol. 83v).
>
> *Sublimado*: El argento *sublimado* se haze mezclando con vinagre blanco fuerte, caparrós y azogue por partes yguales, y amassado hasta que el azogue no se parezca. (Bernardo Pérez Vargas, *De re metallica*, Madrid, Pierres Cosin, 1569, fol. 178r).
>
> *Sublimativa*: El alchimia se divide en tres partes y operaciones: destilatoria de agua, expressoria de azeyte y *sublimativa*. (Bernardo Pérez Vargas, *De re metallica*, s.l., s.i., 1569, fol. 180r).

XII

El inicio de las terminologías

De este modo, se irá conformando un *corpus* de vocabulario bien establecido, preciso y fijo. Pero eso llevará todavía algún tiempo. En el XVI asistimos a la nueva tarea de conocer y nombrar en español, en tanto que lengua común peninsular y, a

---

[51] Otro caso ilustrativo pude ser el proporcionado por *tirador*:

> Advirtiendo que el Maestro de Campo General les provea al puncto de quinientos o mil *tiradores*, porque no cargue el enemigo y ocupe el tal puesto. (Diego de Ufano, *Tratado de artillería*, Bruselas, Juan Momarte, 1613, p. 119).
>
> Y al *tirador o perayre* que lo tirare, den cien açotes. (Hugo de Celso, *Reportorio universal de todas las leyes d'estos reynos de Castilla*, Medina del Campo, Juan María de Terranova y Jacome de Liarcari, 1553, fol. CCXLVv).
>
> Por evitar los daños e fraudes que de los *tiradores* se siguen, mando que, de aquí adelante, ninguna persona tenga *tirador* que tenga barras ni puntas en la muestra, ni otro artificio alguno que puedan ensanchar el paño. (Anónimo, *Ordenanças sobre el obraje de los paños, lanas, bonetes y sombreros nuevamente hechas*, Burgos, s. i., 1527, fol.VIIIr).
>
> No haya en estos reynos *tirador* alguno en que se tiren los paños, salvo solamente para ygualarlos quando los traen del batán. (Hugo de Celso, *Reportorio universal de todas las leyes d'estos reynos de Castilla*, Medina del Campo, Juan María de Terranova y Jacome de Liarcari, 1553, fol. CCXLVv).

la vez, de expansión atlántica; al esfuerzo, siempre entusiasta, titánico muchas veces, por racionalizar, organizar y sistematizar lingüísticamente, en sus incipientes balbuceos, una abrumadora masa de datos que las nuevas técnicas hacían aflorar por doquier. A estos pioneros del lenguaje científico, auténticos exploradores de la experimentación terminológica y de la innovación léxica, se les debe el innegable mérito de haber incrementado y enriquecido nuestro idioma en ámbitos nunca hollados hasta entonces. Por ello, legítimamente y con pleno derecho, son acreedores de nuestro reconocimiento y gratitud, a la par que de nuestra sincera admiración.

Bibliografía básica

Carriazo Ruiz, J. R., y M.ª J. Mancho Duque: «Los comienzos de la lexicografía monolingüe», en M.ª Antonia Medina Guerra (coord.), *Lexicografía española*, Barcelona, Ariel, 2003, pp. 204-234.

Ferreres, J.: *Los diálogos humanísticos del siglo XVI en lengua castellana*, Murcia, Ed. Universidad, 2002.

Flórez, C., P. García Castillo, y R. Albares: *El humanismo científico*, Salamanca, Caja Duero, 1999.

Frago, J. A., y J. A. García-Diego: *Un autor aragonés para «Los veintiún libros de los ingenios y de las máquinas»*, Zaragoza, Diputación General de Aragón, 1988.

— «La lengua», en Menéndez Pidal, *Historia de España*, vol. XXI, *La cultura del Renacimiento (1480-1580)*, Madrid, Espasa Calpe, 1999, pp. 579-629.

Gómez, J.: *El diálogo en el Renacimiento español*, Cátedra, Madrid, 1988.

Gutiérrez Rodilla, B.: *La ciencia empieza en la palabra*, Barcelona, Península, 1998.

Infantes, V.: «La educación, el libro y la lectura», en *Historia de España*, Menéndez Pidal, *La cultura del Renacimiento (1480-1580)*, vol. XXI, Madrid, Espasa Calpe, 1999, pp. 4-50.

Mancho Duque, M.ª J.: «La lengua española, vehículo de divulgación científica en el Renacimiento», en M.ª Jesús Mancho (ed.), *Pórtico a la ciencia y la técnica del Renacimiento*, Junta de Castilla y León, Consejería de Cultura/Publicaciones de la Universidad de Salamanca, 2001, pp. 45-84.

— «Aproximación al léxico de la ciencia aplicada en el Renacimiento», *Asclepio*, vol. LV, 2, 2003, pp. 27-42.

— «Los prólogos de la literatura científica del Renacimiento: la cuestión de la lengua», en Actas del *VI Congreso de la Asociación Internacional Siglo de Oro*, Burgos/La Rioja, 15-19 de julio de 2002, Madrid, Iberoamericana Verveut, 2004, pp. 1229-1243.

MANCHO DUQUE, M.ª J.: «La metáfora corporal en el lenguaje científico-técnico del Renacimiento», en *Filología y Lingüística. Estudios ofrecidos al profesor Antonio Quilis,* vol. I, Madrid, CSIC-UNED-Universidad de Valladolid, 2005, pp. 791-805.

MARTÍN MUNICIO, A.: «La metáfora en el lenguaje científico», *BRAE*, 72, 1992, pp. 221-249.

MARTÍN ZORRAQUINO, M.ª Antonia: «Formación de palabras y lenguaje técnico», *Revista Española de Lingüística*, 27, 1997, pp. 317-339.

NAVARRO BROTONS, Víctor: «Humanismo y ciencia en el siglo XVI», en C. Codoñer y J. A. González Iglesias (eds.), *Antonio de Nebrija: Edad Media y Renacimiento*, Salamanca, Publicaciones de la Universidad de Salamanca, 1994, pp. 359-369.

PASCUAL, J. A.: «El enfoque histórico en los procedimientos derivativos del léxico español», *Voces*, 8-9, 1997-1998, pp. 249-264.

— y M.ª N. SÁNCHEZ GONZÁLEZ DE HERRERO: «Una forma particular de amalgama morfológica: Notas sobre la historia de *-dor* y *-dero* en español», en J. A. Bartol, J. F. García Santos y J. Santiago Guervós (eds.), *Estudios filológicos en Homenaje a Eugenio de Bustos Tovar*, Salamanca, Publicaciones de la Universidad de Salamanca, 1992, pp. 675-698.

9
Ingeniería y obra pública civil

Fernando Sáenz Ridruejo
Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino

A los efectos de esta conferencia, consideramos que el Renacimiento español se extiende desde la subida al trono de los Reyes Católicos hasta la muerte de Felipe II. Analizaremos, por lo tanto, la evolución de las obras públicas en nuestro país durante el último cuarto del siglo XV y la práctica totalidad del siglo XVI. No haremos un estudio específico de la influencia ejercida por la ingeniería renacentista europea, italiana o de otros países, ni nos extenderemos de forma general sobre el estado del arte en este periodo. Tampoco se analizan detalladamente los conocimientos científicos, el origen o la formación de los técnicos que trabajaron en las obras públicas del Renacimiento español, ni los tratados en que se formaron o que ellos mismos escribieron, por ser materias que se abordan en otras sesiones. No obstante, algunos de los técnicos más importantes y de los tratados más representativos irán apareciendo al hilo del análisis de las diversas obras y sectores de actividad.

Los reinados, en conjunción perfecta, de Isabel I de Castilla y de Fernando II de Aragón, marcaron ante todo el triunfo del poder real frente a la nobleza y, aparte de la extensión de los límites territoriales de estos reinos, representaron su fortalecimiento, con anulación de privilegios señoriales y ruptura o permeabilidad de las fronteras, lo que acarreó la consiguiente homogeneización del país, la extensión del comercio y el aumento de la riqueza. En el reinado de Carlos I podemos distinguir dos periodos diferentes, caracterizado el primero de ellos por las revueltas ciudadanas frente a los gobernantes flamencos y el segundo por la implantación del poder imperial, que quedará plasmado en los escudos y lápidas que en las obras públicas se conservan. La atención del emperador estará centrada, en cualquier caso, en sus guerras exteriores. Felipe II es, en contraposición a su padre, un monarca centrado en la Península, preocupado por la minuciosa administración de sus reinos, pero también por la arquitectura, la jardinería y las obras de utilidad pública. De las primeras décadas de su reinado data buena parte de las obras de ingeniería que hemos de encontrar en nuestro rápido recorrido.

El historiador de las obras públicas en España Pablo de Alzola, tan crítico de la labor realizada por los monarcas españoles en esta materia y tan poco dado a las efusiones líricas, se expresa en estos términos al referirse a los Reyes Católicos:

> El corazón se ensancha al seguir paso a paso la obra de regeneración que debió España a la más ilustre de sus reinas, secundada por el saber, la sagacidad, la extremada prudencia y la habilidad de Fernando, y debieran servir de grandísima enseñanza a los gobernantes españoles los prodigiosos resultados alcanzados como por ensalmo en la prosperidad nacional mientras la nave del Estado estuvo guiada por manos tan expertas[1].

En matización de las afirmaciones precedentes, y como crítica que más bien se refiere a sus descendientes, considera Alzola que el excesivo dirigismo de los Reyes Católicos era necesario para salir de la anárquica situación anterior; pero que, en un cierto momento, ese dirigismo se convirtió en un dogal que terminó por ahogar cualquier iniciativa. Señala que los ayuntamientos no solo necesitaban autorización para edificar las casas consistoriales, lonjas de peso, hospitales, hospicios, alcantarillas, abrevaderos y puentes, sino para empedrar las calles y dictar ordenanzas o reglas de policía. «La tutela —afirma— que resulta conveniente en la primera juventud llega a ser perniciosa en la madurez». Y termina diciendo: «Por desgracia, fueron cada vez más fuertes las ligaduras y deplorables sus consecuencias, especialmente para el desarrollo de la producción nacional».

Se puede decir, por lo tanto, con todo el riesgo que cualquier simplificación comporta, que el periodo más fecundo para el desarrollo de las obras públicas fue el reinado de los Reyes Católicos, hasta la muerte de Fernando, aunque, paradójicamente, sea la época de menos realizaciones físicas. La época de la que más símbolos quedan, en pilas de puentes o fachadas de edificios, es la de Carlos V y los años en que más se trabajó son los veinte o veinticinco primeros del reinado de Felipe II.

La exposición que sigue se va a circunscribir al examen sectorial de la ingeniería civil del siglo XVI y de los últimos años del XV, distinguiendo las tres ramas clásicas en que luego, a partir del XIX, se dividiría esta materia: vías y obras de comunicación, obras hidráulicas y obras portuarias.

I

Caminos y puentes

I.1. *Caminos de los Reyes Católicos*

No puede decirse que, al advenimiento de los Reyes Católicos, hubiese en España una red viaria en el sentido que hoy damos a esa expresión. Existían restos inconexos de la antigua red de calzadas romanas, existían rutas tradicionalmente seguidas por las tropas en los ya cada vez menos frecuentes escarceos militares y existían caminos de herradura, abiertos por trajinantes y peregrinos. La única red de comunicaciones estructurada era la de las vías pecuarias, que quedarán fuera de

[1] P. de Alzola, p. 100.

nuestra atención: eran los caminos de la Mesta, con sus cañadas, con los cordeles y veredas que a ellas concurrían y con toda una serie de contaderos, rediles, descansaderos y demás instalaciones auxiliares.

La labor de los Reyes Católicos, como se ha dicho, fue más de impulso que de construcción. Hay que advertir, por otra parte, que los caminantes de la época no precisaban tanto de grandes infraestructuras como de liberalización de derechos señoriales, de seguridad frente al bandidaje y de reparaciones puntuales en puentes o barcas. Como el movimiento se demuestra andando, fueron los monarcas unos impenitentes viajeros. Su corte itinerante cruzó mil veces la Península, tomando el pulso a todos los asuntos de sus reinos y, en primer término, al estado de los caminos. El *Itinerario* publicado por el profesor Rumeu de Armas, en que se les sigue la pista día a día, plasmando en mapas trianuales los viajes que juntos o separados realizaron, resulta apabullante[2]. Aparte de estancias prolongadas en poblaciones donde se reunían las Cortes —como fue el caso de Fernando en Monzón, durante varios meses de 1510—, podemos contabilizar 54 estancias distintas, correspondientes a otros tantos viajes, en Medina del Campo, 49 en Valladolid, 47 en Burgos, 38 en Madrid, 35 en Córdoba, 28 en Tordesillas, 26 en Sevilla, 25 en Logroño, 22 en Segovia, 21 en Zaragoza, 16 en Toledo, 15 en Barcelona, 13 en Almazán (corte de su hijo el príncipe don Juan, cerca del confín de ambos reinos), 11 en Granada. Frente a estas cifras pueden parecer escasas las 7 veces en que recalaron en Cáceres, las 5 de Valencia, las 3 en que viajaron a Murcia o las 2 en que lo hicieron a Bilbao o La Coruña.

Podría componerse, con todos estos itinerarios, en los que también constan muchos puntos intermedios del recorrido, un mapa de los caminos de España; pero no serviría para reflejar las condiciones de los viajes de la época, pues los Reyes Católicos, que se mueven lentamente, despachando toda clase de asuntos, y acampan cuando es preciso en su campamento, no necesitan atenerse a los caminos de los arrieros ni rendir jornada en las posadas. Diremos, en cualquier caso, que las meras cifras antes citadas reflejan una mayor densidad de movimientos en el triángulo Salamanca-Burgos-Toledo, que también aparecerá privilegiado en los repertorios de caminos de los siguientes reinados. Y no es casual que la primacía de estancias se sitúe en el centro de gravedad de ese triángulo, en Medina del Campo, verdadera capital económica de Castilla.

García Ortega señala el impulso dado por los Reyes Católicos a la reparación de caminos y, aparte de las ordenanzas reguladoras de la Mesta, destaca cuatro aspectos principales en su actividad normativa: creación, en 1497, de la «Cabaña Real de Carreteros y Trageneros», con privilegios semejantes a los mesteños; orden, mediante cédula de 1495, para construir carriles en el recién conquistado reino de Granada; providencia dada en Medina, en 1497, ordenando a los concejos reparar los caminos de sus términos y vigilar para que los colindantes no los cerrasen ni «angostasen» y,

[2] A. Rumeu de Armas: *Itinerario de los Reyes Católicos*.

previamente, creación, en 1476, de la Santa Hermandad, cuyos cuadrilleros debían garantizar la seguridad en los caminos y despoblados[3]. La orden de abrir los carriles granadinos, de Guadix con Baza y La Calahorra y de Granada con los puertos de Almuñécar y Adra, vendría inmediatamente seguida por otra referente a los enlaces de Ronda con Sevilla y Jerez y de Ronda con Marbella y Gibraltar. El espíritu que presidió estas disposiciones —y todas las de su reinado— quedó plasmado en esta frase magnífica:

> Fechos estos carriles toda la tierra se podrá proveer de una parte a otra a muy poca costa e será mucho bien e provecho de toda la gente.

Es decir, acabada la reconquista, han desaparecido las motivaciones militares y lo que prima en la consideración de los monarcas son las razones económicas y el bienestar de sus súbditos.

I.2. *El siglo XVI*

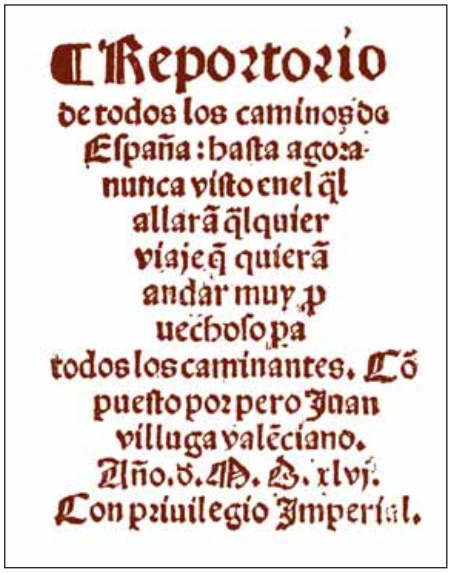
García Ortega se muestra muy crítico al referirse a los caminos de tiempos de los Austrias. «La situación de los caminos en España —afirma— fue deplorable por la nula atención de los poderes públicos tanto a la apertura de nuevos caminos, como en lo tocante a la conservación de los existentes, salvo ocasionalmente en determinados tramos por necesidades de transporte de trenes de artillería o para hacer posibles, o menos incómodos, los viajes de reyes o de personas de la Casa Real». Únicamente cabe señalar algunas disposiciones camineras de Felipe II, entre las que resulta interesante la acordada en las Cortes de Madrid, de 1586 a 1590, para que se balizasen los puertos de montaña con pilares que marcaran el camino en tiempo de nieves[4].

Existen dos «repertorios de caminos», uno de 1546 y otro de treinta años más tarde, que, con ciertas salvedades, nos permiten trazar un mapa de los caminos del siglo XVI. El primero se debe al valenciano Pedro Juan de Villuga, que al parecer ejercía de correo entre monasterios, por lo que estos aparecen abundantemente representados en los 139 itinerarios de que consta. La longitud de estos caminos, prescindiendo de los tramos solapados, asciende a 18.000 kilómetros. En ellos se señalan 214 ventas, 6 barcas y 21 puentes. José Ignacio Uriol llama la atención sobre el hecho de que los itinerarios atraviesan las fronteras, no solo entre los reinos de Castilla y Aragón, sino también con Portugal, sin que se efectúe la menor advertencia al viajero, a pesar de que son frecuentes las anotaciones sobre otros aspectos de las rutas[5]. Es esto muestra de la avanzada integración entre los reinos peninsulares, incluso antes de la unión, bajo Felipe II, de España y Portugal. En conjunto, los caminos de

[3] P. García Ortega, pp. 35-37.

[4] Ídem., p. 37.

[5] J. I. Uriol, p. 115.


Repertorio
de todos los caminos de
España: hasta agora
nunca visto en el q̄l
allarā q̄lquier
viaje q̄ quierā
andar muy p
uechoso pa
todos los caminantes. Cō
puesto por pero Juan
villuga valēciano.
Año. d. M. D. xlvj.
Con priuilegio Imperial.

9.1. Repertorio de Caminos *por Pedro Juan de Villuga, 1546.*

Villuga muestran una red descentralizada, con mayor densidad en el triángulo formado por Burgos, Salamanca y Toledo.

El repertorio de Alonso de Meneses, publicado en 1576, no es sino una reedición del de Villuga, ordenado alfabéticamente, con la supresión de algún itinerario y la adición de algunos otros entre los que destacan el de Madrid a Roma y el de Madrid a Valladolid. Son reflejo del establecimiento de la Corte en Madrid a partir de 1561 y de la creciente importancia de las actividades en Italia. Nuestro conocimiento de los caminos en época de Felipe II se completa con los itinerarios de los viajes regios, que nos han dejado cronistas como el arquero Enrique Cook, o de los caminos seguidos por otros personajes como Santa Teresa, cuyos viajes ha estudiado Jesús María Ugalde.

I.3. *Los puentes renacentistas*

A diferencia de los caminos, los puentes son un buen reflejo de la ingeniería del Renacimiento pues, aunque en general se siguiera utilizando y reparando los puentes medievales, en los de nueva planta pueden distinguirse algunas características representativas de los nuevos tiempos y de una nueva mentalidad. El puente medieval va casi siempre unido a un concepto defensivo, es estrecho y está jalonado, en sus extremos o incluso sobre su arco central, por torres con rastrillos. El tremendo lema de la ciudad de Cieza (*Por pasar la puente, nos dieron la muerte*) puede ser un ejemplo de esa situación. A finales del siglo xv, pacificados los reinos, el puente recupera su plena función de vínculo y pierde el carácter de frontera. El puente renacentista es más ancho, no tiene torres o si las tiene son conmemorativas, con

capillas o monumentos. Se refuerzan los aspectos ornamentales; incluso lejos de las ciudades, se cuida su estereotomía y se realza la estética con impostas y líneas verticales que dan vida a los paramentos. Son frecuentes los escudos de sus promotores, colocados sobre la clave o en alguna de las pilas. No tanto en España, pero en el centro de Europa los puentes urbanos se aprovechan para la construcción, sobre ellos, de casas y comercios.

Los puentes siguen formándose con arcos de medio punto, mientras desaparecen casi por completo los arcos ojivales. Aunque, ya en el siglo XIV, el Ponte Vecchio de Florencia constase de bóvedas segmentales y luego, sobre el mismo río Arno, se construyese el puente de la Santa Trinitá, la tipología de los arcos rebajados no se impondría hasta bien entrado el siglo XVIII y no entraría en España hasta principios del XIX. No fue ajeno a esto el problema de la escasez de madera para las cimbras, pues, a menos que se construyeran pilas robustísimas que permitieran, como había sido el caso del puente romano de Alconétar, tender arcos escarzanos cimbrados de uno en uno, los fuertes empujes que los arcos rebajados transmitían obligaban a cimbrar y descimbrar todos los arcos simultáneamente. La relación entre la luz de los arcos y el espesor de las pilas no muestra una esbeltez mucho mayor en los puentes renacentistas que en los medievales.

Aunque en algunos casos la sección transversal del valle obligase al perfil en lomo de asno más o menos acentuado, las rasantes tienden, en general, a la horizontal, que había sido la tónica de los puentes romanos. En las pilas, lo común es que los tajamares, si no rematan en pináculos cónicos, se prolonguen hasta la coronación, dando lugar a ensanchamientos de la calzada que se aprovechan como descansaderos y festejaderos. Son lugares a los que las gentes acuden, como en la famosa novela de Ivo Andric, a charlar, a pescar o a ver pasar las aguas. La sección de los tajamares es normalmente triangular —o, más raramente, ojival— aguas arriba y rectangular o semicircular aguas abajo. En puentes monumentales de fuertes pilas, estas rematan con tambores semicilíndricos en ambos paramentos.

Begoña Arrúe, estudiando los puentes renacentistas de La Rioja, ha encontrado unas características que pueden aceptarse de forma general: «Se hace evidente la tendencia a la simetría y seguridad en el trazado de arcos y bóvedas [...] y se busca una mayor regularidad en los aparejos, en especial en el corte de la sillería y su asiento, tanto a hueso, con grapas o argamasa, isódomo a soga y con alternancia de tizones en ciertas zonas»[6].

También se hicieron, por supuesto, muchísimos puentes de madera, no forzosamente con carácter provisional; pero, por las avenidas o por la mala conservación, no han llegado a nuestros días. Los entramados de las estructuras de madera fueron objeto de diseños racionales, como los de Palladio, y de otros que no lo son tanto,

6 En B. ARRÚE y J. G. MOYA, p. 135.

como los que aparecen en *Los veintiún libros*[7]. Se conservan dibujos de algunos francamente disparatados, como el que Patricio Caxés propuso para un puente sobre el Manzanares, en Madrid. Entre los puentes de madera de que tenemos noticias destacaremos el de San Sebastián, sobre el Urumea. «Tiene este río —afirma Pedro de Medina— una puente de madera muy hermosa de quasi quinientos pasos de largo sobre grandes pinzones de pino y mástiles altos y gruesos. Y por ser el río hondo es de gentil artificio»[8].

La actividad ingenieril fue mucho mayor, y ha quedado mejor reflejada, en la construcción de puentes que en reparación de caminos. Llaguno, en su *Noticia de la arquitectura y arquitectos en España*, cita muchas órdenes expedidas por los Reyes Católicos para la reedificación o reparación de puentes antiguos en varias ciudades españolas. En 1498 autorizaron las actuaciones en los puentes de Oviedo, Trujillo y Medina, así como en el de Boecillo, sobre el Duero, y en los del Congosto, Úbeda, Olivares y San Vicente de la Barquera. De este último, el puente de la Maza, de 32 arcos, sabemos, sin embargo, que se no se construyó hasta la segunda mitad de la centuria siguiente.

Especial interés tiene la actuación promovida por la reina en «las puentes» de Segovia y su tierra. Llaguno da la fecha de 1497; pero, como consta en la documentación recogida por Gómez de Somorrostro, mucho antes, en 1483, Isabel encomendó al prior del monasterio del Parral, fray Pedro de Mesa, el arreglo del acueducto —«la puente seca»—, de los puentes de la ciudad y su tierra —que entonces era muy amplia y abarcaba numerosos municipios del oeste de la actual provincia de Madrid— y de la cerca y los adarves de la ciudad, que estaban mal reparados y «encomenzaban a caer». En compañía de los maestros y regidores diputados de la ciudad, efectuó fray Pedro el reconocimiento y la tasación de las obras y estableció un repartimiento de los gastos en que participaban los distintos estamentos de Segovia, incluidos el obispo y las aljamas de judíos y de moros, y las diferentes poblaciones que habrían de beneficiarse de las reparaciones.

Los trabajos duraron varios años y se extendieron al mandato de su sucesor, fray Gonzalo de Frías. Se encargó de la dirección de los trabajos Juan de Escovedo, un fraile procedente, como tantos constructores de la época, de la Merindad de Trasmiera, en la Montaña. Por fin, en abril de 1489, fray Gonzalo y fray Juan dieron cuenta a la «muy alta e muy poderosa Princesa Reina e señora nuestra» de los reparos que se habían hecho y de las cantidades empleadas en cada uno de los tajos. Especial importancia tuvieron las reparaciones del acueducto, que incluían la presa

[7] J. A. Fernández Ordóñez y D. Fernández-Ordóñez: «¿Un plumífero plagiario?», *Revista de Obras Públicas*, abril 1991, pp. 19-32. [Los autores muestran que los dibujos de puentes de madera de *Los veintiún libros* proceden de los diseños de Palladio y señalan diversas imprecisiones en que incurre el copista].

[8] P. de Medina, p. 174.

de Riofrío, en que se tomaban las aguas, y de las arcas de Santo Domingo y de El Aceñuela, así como los albañares y la limpieza de la madre del agua dentro de la ciudad. Las puentes de la ciudad citadas en la documentación son las del Parral, de La Dehesa, con una calzada sobre pilotes, la de Santo Matías, con su pretil, y la puente Castellana. En la tierra se repararon las de Oñez, Bernardos y El Espinar, y se dieron dineros para arreglar las de Sacramenia, La Hervencia, Colmenar del Arroyo, Sotosalbos y Robledo de Chavela, en la actual provincia de Madrid. No faltó una cuantiosa partida que hubo de gastarse en un pleito que la ciudad «trujo con el duque del Infantado»[9].

Durante el siglo XVI la actividad constructora no está necesariamente vinculada a la Corona, siendo muchos los puentes promovidos por los concejos o por la Iglesia, como ha quedado reflejado en la toponimia —Puente del Obispo y, anteriormente, Puente del Arzobispo o Puente del Cardenal—. Los nombres de los autores de los puentes son, en muchos casos, los de algunos de los más afamados arquitectos de la época: Juan de Herrera, Andrés de Vandelvira, Hernán Ruiz, etc.

Algunos ejemplares notables

En los últimos años se ha hecho una gran labor de catalogación de los puentes antiguos, pero estamos lejos aún de tener bien inventariado este patrimonio histórico, que no está, por lo tanto, ni bien valorado ni suficientemente protegido. Una prueba de este conocimiento insuficiente es que, en los distintos libros y publicaciones sobre puentes antiguos, siguen teniendo un peso fundamental los que Pedro Celestino Espinosa incluyó en su *Reseña de varios puentes construidos en España*, hecha en 1878 a partir de los datos enviados por los ingenieros de determinadas provincias, como Jaén o Cáceres, cuyo elenco ha quedado por esa causa sobreestimado.

Entre los puentes renacentistas españoles podemos citar el conjunto de los puentes sobre el Turia, en Valencia: de Serranos, de la Trinidad, del Mar, del Real. Por la configuración del cauce no tienen grandes luces (en torno a los 15 m), y aunque de desigual valor arquitectónico, son todos ellos interesantes. En Andalucía destacaremos el Puente del Obispo, de cuatro ojos, atribuido a Pedro de Mazuecos; el de Ariza, de sillería rojiza, que va a quedar inundado por un embalse, aunque existe un proyecto para su traslado; el pequeño puente de Herrerías, de un solo arco, resaltado por una doble rosca de dovelas; el de Marmolejo, de perfil alomado; el de Mazuecos, que debió de ser magnífico, pero cuyo arco central, de más de 31 m de luz, se destruyó por una avenida y fue reconstruido a principios del siglo pasado mediante una antiestética viga de celosía metálica. También el puente de Puente Genil está deslucido por el desmañado recrecido de unas aceras en voladizo con vigas en celosía. Quizás el ejemplar más impresionante sea el de Benamejí, sobre el río Genil, construido en 1556 por encargo de don Diego Bernuy, bajo la dirección de Hernán Ruiz. Tiene un

[9] A. Gómez de Somorrostro, anejo n.º 5.

9.2. Puente de Benamejí, sobre el Genil. *Hernán Ruiz, 1556.*

gran arco central de 30 m, jalonado por grandes pilas cuyos tambores cilíndricos llegan hasta la coronación. También es notable el de Montoro, sobre el río Guadalquivir. Se trata de un puente muy sobrio, adaptado a la sección asimétrica del valle mediante cuatro arcos, el mayor de los cuales tiene una luz de 28 m.

Extremadura, con excelentes materiales graníticos, ha originado, desde época romana, buenos puentes de piedra. En el periodo que nos ocupa señalaremos, además del de Almaraz, que requiere un párrafo aparte, los puentes de Galisteo, Plasencia y Jaraicejo. Este último es datado por algunos autores en torno a 1635, pero lo probable es que su origen sea anterior; tiene un tramo de cuatro arcos sobre el cauce y otro de varios arcos más pequeños sobre la plana de inundación, estando separados ambos tramos por un descendedero. Sobre su coronación existe un monumento con las armas de su promotor. Debe citarse también el puente de las Palmas, de 28 arcos, en Badajoz, objeto de múltiples derrumbamientos y reparaciones.

En Castilla fue notable el puente de San Pablo, en Cuenca, mencionado por Ponz y reproducido por varios pintores románticos. Construido en 1528 para dar paso al convento de ese nombre, tenía cinco arcos de más de 40 m de altura, sobre el río Huécar. Fue sustituido por una estructura metálica. En la provincia de Toledo citaremos el puente de Montalbán, de doce arcos; en la Burgos el de Lerma; en la de Soria el puente Ullán, sobre el Duero, y en la de Palencia el de Saldaña y el puente

9.3. Puente de Montoro, sobre el Guadalquivir. *Primera mitad del siglo xvi.*

Mayor, sobre el Carrión. También en La Rioja hay algunos puentes de interés, que están, además, muy bien documentados. Citaremos los de San Andrés y de Santiago, de arco único, en Arnedillo, y el de Arenzana, atribuidos a Rodrigo de la Cantera, que también intervino en los de Logroño, Nájera y Murillo.

En Madrid hay dos ejemplares notables debidos a Juan de Herrera. Uno, de un solo ojo, sobre el río Guadarrama y otro, el de Segovia, en la capital, sobre el río Manzanares. Este puente, a pesar de su solidez excesiva —con anchos de pila de 5 a 6 m, para unas luces variables de 10 a 12 m—, es un ejemplo de adecuación al medio geográfico y al paisaje urbano en que se inserta. Destaca su ejecución cuidadosa, tanto en la estereotomía de sus sillares graníticos como en sus albardillas, en las bolas que jalonan su coronación y los pináculos que rematan sus tajamares redondos. Sus dimensiones, consideradas excesivas en relación con el río, fueron objeto de burlas por los poetas contemporáneos, pero responden a la pretensión de duración y al empaque que la nueva capitalidad de la villa requería.

En otras regiones mencionaremos, en Cantabria, el puente Arce, así como el ya citado de San Vicente de la Barquera. En León sobresale el puente de San Marcos, sobre el río Bernesga, con antecedentes medievales o anteriores. Consta de ocho bóvedas de luces variables entre los 8 y los 14 m. Sus pilas, con espesores de unos 4,5 m, presentan tajamares de planta ojival en la base que se prolongan, por encima del nivel de las avenidas, mediante tambores semicilíndricos que llegan hasta la coronación. Naturalmente la actividad de reparación de puentes, obligada por los destrozos producidos por las avenidas, fue constante en todo el periodo y se extendió

a grandes puentes de épocas anteriores, como pueden ser el Puente de Piedra de Zaragoza, el puente romano de Córdoba y el puente de Zuazo, en Cádiz, o el modesto, pero famoso, puente de San Antón, de Bilbao.

El puente de Almaraz

Merece un párrafo aparte por estar considerado el mejor puente del Renacimiento español. Situado sobre el río Tajo, se construyó en época de Carlos V, por iniciativa de la ciudad de Plasencia, y su autor fue Pedro de Uría, maestro del que ignoramos todo a excepción de su nombre. Es asimétrico: consta de dos grandes arcos desiguales, uno de medio punto, de 38 m de luz, y otro apuntado, de 33 m. Cortado en la guerra de la Independencia, se reedificó dignamente entre 1842 y 1845 por el padre Ibáñez. Su luz principal, superior a la del puente romano de Alcántara, no volvió a alcanzarse hasta bien entrado el siglo XIX. Sus paramentos, lisos, arrancan, con un mínimo zócalo, desde el terreno; su gran pila central tiene tajamares triangulares en los que a partir del nivel de máximas avenidas se insertan sendos tambores semicilíndricos. Sobre uno de ellos se conserva un gran escudo imperial y una lápida que, cosa muy poco frecuente en la época, recuerda al ingeniero y no al regidor de la ciudad.

En 1769 publicó Sánchez Taramas un grabado del puente en que puede verse su aspecto original. Aparecen allí las tres roscas de ambas bóvedas, que no se man-

9.4. Puente de Segovia, sobre el Manzanares en Madrid. *Juan de Herrera, hacia 1580.*

9.5. Puente de Almaraz, sobre el Tajo. *Pedro de Uría, 1537.*

tuvieron en la bóveda reconstruida, y se marca el nivel alcanzado por las máximas avenidas. También consta, y es dato muy interesante, que el puente se llamaba entonces 'de Alvalat', es decir, en árabe, 'del camino'[10]. En Almaraz concurrían los caminos de Plasencia a Guadalupe y de Toledo a Évora, recogidos en los repertorios de Villuga y Meneses, y hemos de señalar que este último, mero copista del anterior, no se refiere aún al puente sino a las barcas preexistentes, denominándolas de Barzaona o de Arballa. Resulta curioso que un puente de tanta importancia para la comunicación de Toledo con Lisboa no se hiciese por impulso de la Corona sino por el interés de la ciudad de Plasencia de enlazar con el monasterio de Guadalupe. El diseño de la cimbra del puente de Almaraz se utilizaría más tarde para ejecución de la del puente de Apurimac, en Perú.

II

Obras hidráulicas: presas, acequias, etc.

Durante el siglo XVI se desarrolló en España una intensa actividad de construcciones hidráulicas que abarcaron tanto la ejecución de azudes y acequias para riego como abastecimientos a poblaciones y, en menor medida, saneamientos y obras de

[10] J. Muller: *Tratado de fortificación*, traducción de M. Sánchez Taramas, con notas y láminas adicionales, Barcelona, 1769. Una reproducción en P. Chías y T. Abad, p. 148.

defensa contra las inundaciones. Por iniciativa regia, durante el reinado de Felipe II se hicieron obras de navegación interior, especialmente en el río Tajo, y trabajos hidráulicos para mejora de los sitios reales, con construcción de ajardinamientos, fuentes y juegos de agua. A continuación pasamos revista a algunas actuaciones importantes, dedicando un parágrafo aparte a los abastecimientos y acueductos.

II.1. *Presas*

En España existía, desde la época de la colonización romana, una gran tradición en materia de presas de embalse. Esta tradición se mantuvo durante la dominación musulmana, especialmente en la zona mediterránea. Aparte de eso, durante la Edad Media proliferaron por todo el territorio peninsular los azudes de derivación para tomar aguas, tanto para molinos y batanes como para acequias de riego. A pesar de esos antecedentes, resulta sorprendente la construcción, en la segunda mitad del siglo XVI, de la gran presa de Tibi, cuyas dimensiones sobrepasaban con mucho lo hecho anteriormente. Esta presa daría lugar, a lo largo de la centuria siguiente, a toda una floración de grandes presas en el reducido ámbito de la actual provincia de Alicante.

Antes de tratar sobre las presas levantinas nos referiremos a dos que las antecedieron: una de muy distinta tipología, la de Ontígola, y otra que puede considerarse como un claro precedente, la de Almansa. No nos ocuparemos de otras, también

9.6. Presa de Ontígola, en Aranjuez. *Grabado de Brambilla. Principios del siglo XIX (Reproducido por Chueca Goitia).*

interesantes, como la presa de la Granjilla, para suministro del monasterio de El Escorial, o las albueras extremeñas de Castellar y de Trujillo.

La presa de Ontígola es una pequeña estructura, de no más de 8 m de altura, construida a mediados del siglo XVI para crear el embalse que hiperbólicamente se denominó 'Mar de Ontígola'. Su importancia radica en que, promovida por el todavía príncipe Felipe en 1552, dio lugar a la intervención de los más famosos ingenieros y arquitectos de la época y sus vicisitudes están perfectamente documentadas. Su estructura, de 150 m de longitud, está formada por dos muros de fábrica separados unos 20 m, que contienen un relleno de tierras arcillosas y limos yesíferos. Su función debía ser, en principio, que a ella acudiesen las aves «para la altanería», pero se acabó aprovechando para alimentar el sistema hidráulico de Aranjuez. Los proyectos y las obras se sucedieron entre 1563 y 1573, habiéndose producido entre tanto, en 1568, una rotura que obligó a su reconstrucción y a la adición de contrafuertes de fábrica en el muro de aguas abajo. Entre los artífices que intervinieron en la obra hay que citar al holandés Pietre Janson y a Juan de Castro, Francisco Sánchez, Juan Bautista de Toledo, Jerónimo Gil y, finalmente, Juan de Herrera. Es interesante señalar que la presa de Ontígola —con los muros que, en la terminología de la época, se denominaron «pared delantero» y «pared baxero»— responde a la misma tipología que los diques de la Casa de Campo de Madrid[11].

La presa de Almansa se ha datado tradicionalmente en el siglo XIV, con un recrecimiento en 1586; aunque lo más probable es que toda ella sea obra del XVI. Se trata de una presa de planta curva con talud de aguas arriba vertical y talud de aguas abajo escalonado, que posteriormente se ha recrecido con un muro poligonal, inscrito sobre la coronación antigua, hasta una altura de 25 m. Actualmente sigue en uso aunque con su capacidad de embalse mermada por los sedimentos.

La presa de Tibi se promovió hacia 1580 por iniciativa particular, para riego con aguas derivadas del río Monegre. Pronto se implicó en ella el ayuntamiento de Tibi, que pidió ayuda a la Corona. Parece que Felipe II envió en un primer momento a Juanelo Turriano y, más tarde, fue Cristóbal Antonelli quien intervino en su proyecto. Tras un periodo de interrupción de las obras, se terminó en 1594. Tiene forma ligeramente arqueada y una altura de 42,70 m sobre el cauce y 46 m sobre cimientos. Su perfil transversal es un trapecio, con paramento de aguas arriba casi vertical y el de aguas abajo, más tendido y escalonado. Tiene 33,70 m de anchura en la base y 20,50 m en la coronación, lo que, unido a la angostura de la cerrada, hace pensar que trabaja, en cierta medida, como presa arco. El desagüe de fondo es una galería rectangular, con compuerta de madera, cuyas dimensiones aumentan desde 1,8 × 2,7 m en la entrada, hasta 4 × 5,85 m en la salida. Tiene una torre de toma con 51 pares de orificios de 0,1 × 0,2 m, dispuestos en cuadrícula.

11 Véase M. Arenillas, C. Díaz Guerra y R. Cortés: «El Mar de Ontígola: una obra singular del Renacimiento», en F. J. Martínez del Olmo: *Agua e ingenios...*, cap. 7, pp. 95-137.

9.7. Presa de Tibi, en Alicante. *Segunda mitad del siglo XVI.*

Con posterioridad a la terminación de Tibi, y sin duda animadas por su éxito, se construyeron en la comarca las presas de Elche, Relleu, Petrel, Elda y Onteniente, que, cada una con sus peculiaridades, constituyen un elenco único en la época. Estas obras marcarían la pauta para la construcción de presas de fábrica en el mundo mediterráneo hasta bien entrado el siglo XIX y su explotación, con su particular sistema de limpia, serviría de ejemplo para las presas establecidas por los ingenieros franceses en el norte de África. Todas ellas tienen en común la escasa entidad de sus ríos y la importancia relativa de las aportaciones sólidas, que, en algunos casos, han determinado su atarquinamiento.

II.2. *La Acequia Imperial*

La gran sequía sufrida por la cuenca del Ebro en la última década del siglo XV provocó la idea, propuesta por el jurado primero Martín de la Raga, de construir una acequia para el riego de la Almozara, en la margen derecha del río, aguas arriba de Zaragoza. Después, en 1508, Fernando el Católico otorgó un privilegio para la denominada acequia de Gallur, que tenía su toma dentro del reino de Aragón, aguas arriba de la confluencia del río Jalón. En 1528, una carta de Carlos V animó al concejo a emprender los estudios. Las nivelaciones efectuadas por Juan Montañés, Juan de Sariñena y Gil de Morlanes mostraron que, para adquirir cota para el cruce del Jalón, era necesario situar la toma en Navarra. Ante las dificultades económicas y políticas, la ciudad cedió sus derechos al emperador, que percibiría las rentas. Las obras comenzaron en 1530 bajo la dirección de Gil de Morlanes y se prolongaron durante diez años. Un informe de 1540 daba cuenta de que la acequia empezaba a «azer mucho bien en tres lugares del reyno de Nabarra y otros tres de Aragón» y que con

lo recogido se había socorrido a Guipúzcoa, Vizcaya, la tierra de Álava y mucha parte de Navarra «que padecían mucho trabajo»[12]. A la muerte de Morlanes, en 1551, aún no estaban rematados los trabajos.

Se ha insistido en varias ocasiones en los defectos técnicos de la Acequia Imperial, pero no se ha ponderado suficientemente el enorme mérito de este escultor, solo ocasionalmente ingeniero, que en un plazo menor y con medios mucho más reducidos, hizo una obra en algún modo equiparable a la que Pignatelli realizaría dos siglos y medio más tarde. A partir de 1561, como el agua no llegaba a la Almozara, se sucedieron visitas e informes. En 1566 tuvo lugar el reconocimiento de Juan Francisco Sitón (o Sitoni), y el año anterior, según sabemos por García Tapia, el de Pedro Juan de Lastanosa[13].

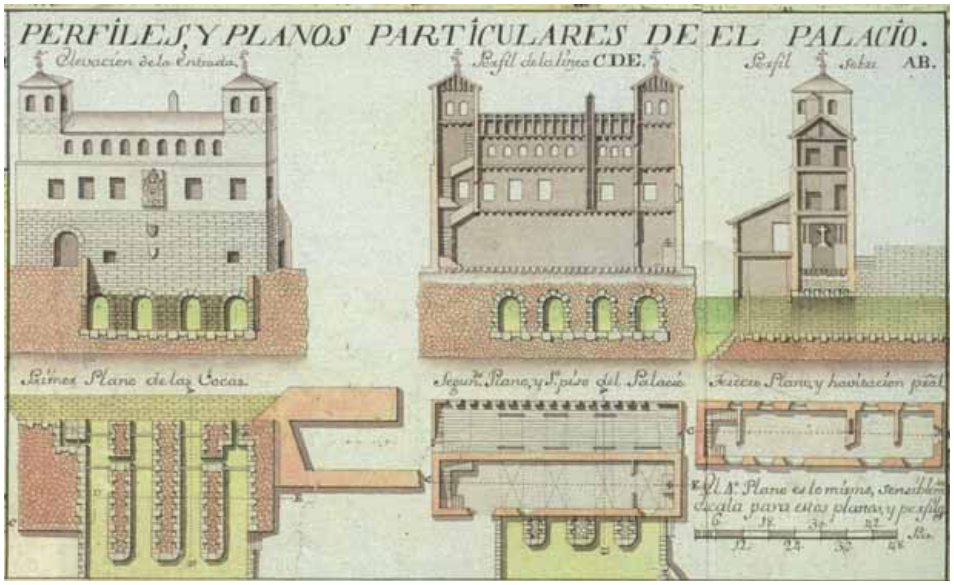
La Acequia Imperial fue sustituida por el Canal navegable del siglo XVIII y sus obras son hoy irreconocibles. Ni siquiera quedan restos de su obra más notable, las «Murallas de Grisén», para cruce por debajo del río Jalón. Solo ha llegado a nosotros, con modificaciones, el llamado Palacio de Carlos V. El sifón funcionó mal desde el primer momento y muy pronto dejaron las aguas de llegar al término de Zaragoza. En cualquier caso, la acequia dio riego hasta que una crecida rompió el bocal en 1722. Tras las reparaciones efectuadas en 1739 por Sebastián Rodolphe, las aguas volvieron a alcanzar hasta el término de Boquiñeni.

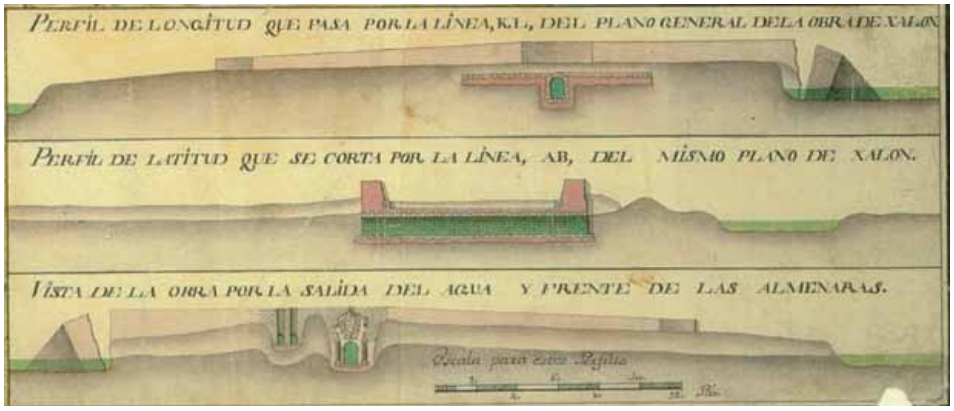
Debemos dedicar un párrafo a los dos grandes planos hechos en 1746 por Rodolphe, como consecuencia de los estudios y proyectos que anteriormente había realizado con Bernardo Lana. El primero de ellos lo publicamos en 1984 y el segundo se publicó un año más tarde[14]. Aunque su exactitud no es grande, en ellos puede seguirse el trazado de la Acequia, aparecen planitos esquemáticos de la ciudad y de los pueblos del valle y se observan muchos detalles del río Ebro y sus meandros. En sus varias cartelas y encartes se contienen informaciones interesantes sobre las superficies regadas, sobre el Palacio de Carlos V y sobre las murallas de Grisén. Sabemos que, ya desde el siglo XVII, el Jalón se había salido de madre, abandonando las murallas. En el plano de Rodolphe aparecen las murallas y el río en planta, y dos secciones, longitudinal y trasversal, y puede verse que el río había volcado el estribo de una de ellas. En el alzado del lado de aguas abajo de la acequia aparece una boca de salida jalonada por dos columnas y, sobre ella, un famoso escudo imperial, citado por diversas fuentes. Aparecen también dos almenaras para incorporar el Jalón a la acequia, que tal vez contribuyeron a atarquinarla. Este alzado y estas secciones dejan ciertas dudas sobre el supuesto sifón: más parece que se elevó el nivel del cauce, lo que luego facilitaría su desbordamiento, y que la acequia, al menos en su salida, no

[12] J. I. Fernández de Marco, p. 105.

[13] N. García Tapia: *Los veintiún libros...*, p. 194.

[14] El primer plano, reproducido en F. Sáenz Ridruejo: «Algunos aspectos...». El segundo, en *Planos históricos de Obras Hidráulicas*, Madrid, MOPU, 1985.





9.8 y 9.9. Acequia Imperial. Palacio de Carlos V y Murallas de Grisén (alzado y sección). *Planos de Rodolphe, 1746.*

funcionaba en carga. Según Giménez Soler, el duque de Jovenazo habría intentado salvar el escudo a finales del XVII, cuando las murallas se derribaron para aprovechar sus sillares en el templo del Pilar. Pues bien, este plano nos muestra que, cincuenta años más tarde, aún seguían en su sitio las murallas y el escudo.

En relación con la Acequia Imperial debe mencionarse el Canal de Tauste, también derivado del Ebro, pero por la margen izquierda. Sus antecedentes se remontan al siglo XIII, en que Teobaldo I de Navarra otorgó una Carta de Donación para la construcción de la llamada Acequia del Ebro, que con tres leguas de longitud regó los términos de Cabanillas y Fustiñana. Pretendió después la población

aragonesa de Tauste la prolongación de la obra para riego de su término, pero nada se adelantó hasta que, incorporada Navarra a la monarquía española, en 1524 otorgó Carlos V, con su madre doña Juana, la ansiada concesión.

En 1552 suscribieron las tres villas una escritura de concordia a la que se adheriría más tarde Buñuel. La acequia construida, que se denominó de Tauste, era de escasa calidad y con poca agua, por lo que llevó una vida azarosa hasta que, en 1780, se incorporó a la empresa del Canal Imperial.

II.3. *Los riegos de Aranjuez*

En Aranjuez existía de antiguo la huerta de la Isla, creada por los gran-maestres de la Orden de Santiago. Cuando pasó a depender de la Corona, fue reformada por Isabel la Católica y sirvió de estímulo para la extensión de los riegos, aprovechando las aguas del Tajo. En época de Carlos V se creó un gran heredamiento de 27.000 hectáreas dedicadas a la caza y, hacia 1535, se acometió el riego a partir de la presa del Embocador, situada 5 kilómetros aguas arriba de Aranjuez. Hay que relacionar también esta iniciativa con la acequia que cinco años antes había emprendido, por iniciativa propia, el municipio de Colmenar.

De la presa salían dos acequias, una por cada margen. Por la izquierda la del Caz de las Aves y por la derecha la denominada Azuda. Ya en la segunda mitad del siglo XVII se emprendió la construcción de la cuarta obra de riego que afecta a la vega de Aranjuez, la Acequia del Jarama, que deriva aguas de dicho río en las proximidades de Vaciamadrid y termina en el Tajo, aguas abajo de la desembocadura del río Jarama.

La presa del Embocador está construida según el modelo clásico de los azudes de toma, con planta recta, muy oblicua. Su cuerpo está formado por un pilotaje, con un emparrillado superior, relleno de mampostería y ripio, cuyos intersticios se han colmatado por el légamo aportado por la corriente. Las aguas que no entran en la toma de la acequia saltan sobre la coronación de la presa. El Caz de las Aves tiene una longitud de algo más de 15 km con una caída del orden de los 10 m. Tenía en su cabeza un desarenador, con aliviadero, seguido por dos compuertas generales de madera que se maniobraban mediante un tornillo de madera que giraba en una viga horizontal.

La sección, en su primer tramo, era de 8 m^2, pasando enseguida a otra de 6,04 m^2, con lo que el caudal se reducía a 2,6 m^3/s. Dos kilómetros más adelante volvía a reducirse hasta 1,37 m^3/s, devolviéndose al río las aguas sobrantes. Esta acequia, que todavía está en pleno uso, regaba una superficie de 165 ha en fincas del Patrimonio Real y 1.060 en terrenos del Estado o de particulares. El cruce con los barrancos se efectuaba mediante pasos inferiores, circulando estos por la parte superior. Su obra de fábrica más notable es una bóveda de ladrillo de 830 m de longitud, con sección trasversal de 5,25 m^2, que atraviesa por el centro de Aranjuez. Está provista de registros para la limpieza y extracción del fango.

II.4. *Otras acequias*

Tenemos noticias de la construcción de varias acequias durante el siglo XVI. Unas veces se trataba de conducciones de nueva planta y en otros casos de la reconstrucción de antiguas obras de riego destruidas por las avenidas. Ambas situaciones encontramos en algunas acequias de la huerta de Murcia. Se registran reparaciones como las de la antigua acequia de la Aljufía, cuya presa, hecha al modo tradicional con madera y piedra, había destruido el río Segura en 1494 y se rehizo parcialmente de cal y canto. También hay construcciones como la de la Acequia Churra La Nueva, que se hizo a partir de 1565; tomando aguas del Segura llegaba hasta el pueblo de ese nombre.

La acequia de Colmenar, ya citada entre las del entorno de Aranjuez, tiene personalidad propia por ser de iniciativa municipal y porque inició una tradición constructiva en la zona, con la explotación de sus canteras de piedra blanca, que ha llegado a nuestros días. Ya en 1528 hubo un primer proyecto, que no se llevó a cabo, para sacarla desde la presa del Cascajar, en la encomienda de Biedma.

En 1568 se pactaron las capitulaciones entre el concejo de Colmenar de Oreja y la Corona para derivar el agua del Tajo, y ese mismo año efectuó la nivelación, desde los molinos de Yepes, Mariano *el Ermitaño*, que encontró una longitud de 27.000 varas y consideró la obra muy cara, proponiendo arrancar la acequia en los molinos de Buenamesón. En 1569, el ingeniero del rey Juan Francisco Sitón efectuó una nueva nivelación y sus conclusiones no coincidieron con las del Ermitaño. Propuso ubicar la toma en el sitio de Valdajos y ese parecer fue el que prevaleció. En 1577 se hizo constar en documento público el asiento para la construcción de la acequia y, a pesar de los daños causados por las crecidas de 1579, en agosto de 1581 se daba cuenta de que ya estaba finalizada.

Entre tanto, Jerónimo Gil, que sustituyó a Sitón, había elevado demasiado el embocadero de la acequia y hubo que rebajarlo para que entrara el agua en los estiajes. Finalmente, en 1589 mandaba Felipe II hacer las ordenanzas para la conservación y limpieza del caz[15].

En algunas acequias de construcción medieval, como la de Piñana o la Acequia Real del Júcar, se registran en esta época muchas actividades de mantenimiento y numerosos pleitos y discusiones por el uso de las aguas. En relación con la segunda tenemos que citar, además, a lo largo del siglo XVI, gran cantidad de proyectos para derivar las aguas del Júcar a Valencia. Fue esta una idea recurrente durante cinco siglos, que solo ha cristalizado hace pocos años, cuando la regulación de la cuenca, los conocimientos técnicos y los sistemas de elevación lo han hecho posible. Sabemos, por ejemplo, que en octubre de 1501 se pagaron 25 ducados al minador Alonso de Mesa, «ciutadá de la ciutat de Çaragosça, del Regne de Aragó», por nivelar

[15] F. J. Martínez del Olmo, pp. 66-75.

las aguas del Júcar para llevarlas a Valencia. Después, las propuestas y los estudios continuarían, infructuosamente, durante toda la centuria[16].

II.5. *La Fuente Grande de Ocaña*

Como ejemplo de las fuentes monumentales construidas durante el siglo XVI citaremos la Fuente Grande de Ocaña o Fuente Nueva, que es una magnífica construcción situada en la falda norte de dicha villa. Aprovecha las aguas de una captación subterránea de 400 pasos de longitud en la que se aprecian restos romanos y árabes. Se terminó en 1578 y en ella trabajó Francisco Sánchez, que intervino también en la presa de Ontígola. En ella se ha querido ver, sin otro dato que su monumentalidad, la mano de Juan de Herrera. Las aguas recogidas por una galería abovedada se reunían en un depósito desde el cual, por dos canales de piedra, pasaban a un pilón construido bajo una bóveda de ladrillo sostenida por veinte arcos de piedra blanca. En primer lugar estaban las pilas para abasto de los vecinos y desde allí, mediante canales, se dirigían a los pilones. Uno en una plaza con arcos se usaba de abrevadero y otro, separado por un muro, como lavadero.

II.6. *La mina de Daroca*

La ciudad de Daroca se extiende por las dos márgenes de un estrecho barranco cuyo fondo constituye su calle principal. Esto daba lugar a inundaciones producidas por las tormentas que cruzaban la población antes de ir a desaguar al río Jiloca, arrastrando, además, gran cantidad de aluviones. Después de una de estas inundaciones, en 1555, resolvió el concejo encargar la desviación del barranco al arquitecto francés, residente en Teruel, Pierres Vedel, que tenía vinculaciones familiares en Daroca. La solución consistió en la excavación de un túnel o mina que, derivando el barranco inmediatamente aguas arriba de la ciudad, vertía las avenidas de aguas al río. La obra constaba de una barbacana, muro de piedra para encauzar el barranco, de unos 300 m de largo y 5 de altura, un tramo en túnel de unos 550 m de longitud, y otro de salida, excavado en trinchera, de otros 360 m, que termina en una 'rodadera', vertedero en piedra sobre una antigua acequia[17].

En los archivos de Daroca está documentada la fecha de inauguración de los trabajos el 20 de septiembre de 1555. Se emplearon en ellos dos brigadas de 25 hombres compuestas por peones, que cobraban un jornal de 4 reales, y especialistas, que ganaban 9, mientras que al maestro Vedel se le pagaban 26 reales. La perforación duró hasta el 7 de febrero de 1560, en que se encontraron las dos brigadas. Los trabajos complementarios se prolongaron hasta 1562.

La mina tiene un desnivel de unos 10 m entre la boca de entrada y la de salida, y una cota roja máxima de 60 m. Su anchura es de 6 m y la altura, que es mayor a la

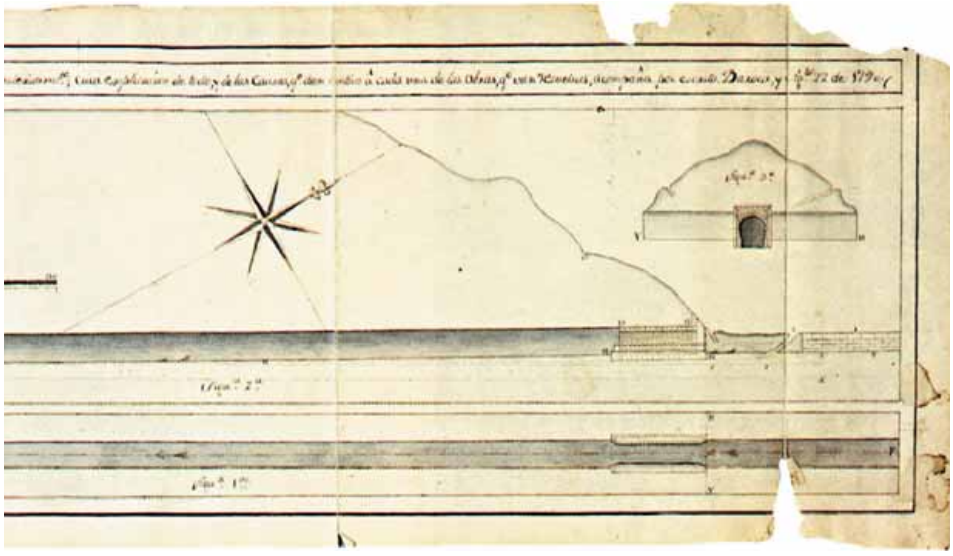
16 M. Gual Camarena, p. 175.

17 J. Fuertes Marcuello, *ROP*, 1987.

salida que a la entrada, tiene 9,5 m de media. Está excavada en un conglomerado arcilloso compacto de colores abigarrados, que en la comarca llaman 'piñonada', y que solo requirió un corto revestimiento de sillería cercano a la salida. A unos 30 m de esta se encuentra una chimenea de 2,5 m de diámetro y de unos 15 ó 20 de altura, que no cabe interpretar como pozo auxiliar para la construcción y que debe de tener funciones de aireación, para mejorar el desagüe a conducto lleno. Se trata de una notable intuición en una época muy anterior a los primeros estudios de hidráulica teórica.

Felipe II, durante su visita a Daroca de febrero de 1585, atravesó la mina con hachas encendidas, acompañado por el príncipe y por sus hijas y seguido por las damas en sus coches, según dejó consignado en su reseña del viaje el arquero Cook. Traggia, que escribía en 1789, cita una lápida colocada en las inmediaciones de la boca de entrada, con la siguiente inscripción: «Esta mina, arcos y fuentes de Teruel hizo el insigne arquitecto y famoso escultor maestro Pierre Vedel. Murió año de 1561 a 30 de mayo, está sepultado en Santa María de Albarracín, empezóse año 1555, acabóse año 1562». Más interesantes son las noticias que da de las obras de mantenimiento, para las que en 1683 se formó una junta, titulada «Ayuntamiento del Aguaducho», que se reunía cuatro veces al año y tomaba medidas para su limpieza, después de las avenidas de invierno.

Entre las obras de encauzamiento de corrientes efectuadas en esa época citaremos la cubrición del río Queiles en Ágreda (Soria), con dos bóvedas. Sobre la primera se estableció la plaza Mayor de la villa y sobre la segunda unos jardines.



9.10. Mina de Daroca, detalle del perfil y embocadura de entrada. *Obra de Pierres Vedel, hacia 1560. Plano de M. de Traggia (1792). Archivo Municipal de Daroca (Zaragoza)*

III

Abastecimientos de agua, acueductos

El siglo XVI, y especialmente su tercio central, fue un periodo de gran actividad en abastecimientos de aguas y fueron muchas las ciudades que reformaron sus viejas traídas o construyeron otras de nueva planta, según los modelos de las conducciones romanas, recurriendo a las obras sobre arcos allí donde lo exigía la topografía del terreno. Las poblaciones que habían tenido conducción en época romana trataron de restaurarla, según hemos visto en el caso de Segovia y según parece que se intentó en otros casos. Pero el recuerdo de los grandes acueductos romanos, reavivado por los artífices italianos y por los españoles que habían viajado a Italia, fue un estímulo incluso para otras ciudades de origen más reciente.

III.1. *Teruel*

El más interesante de los acueductos construidos en España durante el siglo XVI es, sin duda, el de los Arcos, de Teruel, obra del francés Pierres Vedel. Se trata de una obra de abastecimiento completa, desde la captación hasta la distribución en el interior de la ciudad, en la que destaca especialmente la obra sobre arcos, que le da nombre y que permite salvar el barranco de las Ollerías, contiguo al recinto amurallado. La toma, a 3 km de la población, se verifica mediante una larga galería visitable, revestida por una falsa bóveda de lajas, excavada bajo la Peña del Macho. La galería desemboca en la primera de las arcas o registros que, en número de 140, jalonan la conducción. Esta, que en principio se hizo por medio de una canal tallada en la roca, fue después entubada en tubos de cerámica vidriada de 15 cm de diámetro. La conducción sigue la margen derecha de la Rambla y salva los barrancos laterales mediante obras de fábrica que, en algún caso, alcanzan los 11 m de altura. Tras pasar en túnel el cerro de Santa Bárbara y pasar en un arco de piedra sobre el camino de San Cristóbal, se llega a la obra sobre arcos que es para la que comúnmente se reserva el nombre de acueducto[18].

La entrada de las aguas en la ciudad se verificaba por el Portal de la Traición para seguir por encima de la muralla, en su cara interior, atravesando el torreón de la Bombardera, en que comenzaba una galería visitable de 80 m de longitud. Desembocaba esta en una arca de sillería con bóveda de medio punto, a partir de la cual se bifurcaba a derecha e izquierda para abastecer las distintas fuentes de la ciudad. Para alimentar la fuente del Arrabal era necesario atravesar otra vez la muralla mediante un orificio seguido por un tramo en galería. Todo el conjunto suma más de 2 km de conducciones urbanas. Está minuciosamente descrito en una relación hecha en 1583 por el maestro Juan de Alavés y el sobrestante Pedro Fortún, incluida

[18] *Boletín MOPU*, junio 1982.

en el llamado *Libro Verde*, manuscrito que contiene los hechos más notables de la ciudad desde su reconquista hasta finales del XVIII.

La cronología de la construcción no está demasiado clara, pues consta que las obras comenzaron en 1537 y parece que no se remataron hasta 1583; pero Llaguno dice que la obra sobre arcos fue construida por Pierres Vedel entre 1552 y 1554. Es posible que el conjunto de la distribución, con las diversas fuentes, se demorase más de treinta años, siendo obra de más de un alarife, mientras que la labor de Vedel se circunscribiese a la conducción y a la obra sobre arcos que, en sentido estricto, conocemos como el acueducto.

El acueducto se compone de un doble orden de arcos, dos en el nivel inferior y seis en el superior, y tiene como particularidad más interesante un camino peatonal que discurre sobre los arcos inferiores y que obliga a perforar las pilas en la base de los superiores. Parece ser que esta disposición venía obligada por una cláusula del Fuero de Teruel que obligaba a hacer un camino a quienes quisieran construir un acueducto. La fábrica es de sillería almohadillada en las pilas centrales y de sillarejo o de mampostería concertada tanto en las superiores como en los tímpanos y estribos. El camino, provisto de una barandilla metálica reciente, está volado sobre ménsulas labradas de piedra. La impresión del conjunto resulta magnífica, a pesar de que lo encajado del barranco y la vegetación circundante no permiten la contemplación de su totalidad.

Las dimensiones, con luces de 13 m y una altura máxima de 24,70 sobre el fondo del barranco, le dan una esbeltez superior a la de los acueductos de la época e, incluso, a la mayoría de los romanos. En ocasiones anteriores hemos definido dos índices para evaluar la esbeltez de puentes y acueductos[19]. El más sencillo, suficiente para comparar obras de alturas similares, es la relación entre la superficie diáfana del alzado de la obra y la sección trasversal del valle. Pues bien, en el acueducto de Teruel esta relación es superior a 0,6, con un valor análogo al del acueducto de Segovia, más alto que el del acueducto de Tarragona y mucho más alto que el del acueducto de Plasencia, que no llega a 0,50.

Las referencias antiguas de esta obra son unánimemente elogiosas. El autor de *Los veintiún libros*, posiblemente Pedro Juan de Lastanosa, la toma, aun sin citarla, como modelo para lo que denomina «acueducto rústico»; aunque, por su ubicación y por lo cuidado de su disposición y de sus detalles, es una obra claramente urbana. Desde luego, Llaguno no concuerda con el calificativo de rústica, pues la define como «fábrica suntuosa y de gran solidez». Es significativa la consideración que recibe de Pedro Celestino Espinosa y Pablo de Alzola, los dos autores decimonónicos que se ocuparon de la historia de las obras públicas. Espinosa la califica de «obra notable» y

[19] F. SÁENZ RIDRUEJO: «El acueducto romano de San Jaime dels Domenys», *Revista de Obras Públicas*, junio 1974, pp. 429-434. También, «Observaciones técnicas sobre el abastecimiento romano de aguas a Tarragona», en *Segovia y la arqueología romana*, Barcelona, 1977, pp. 351-358.

9.11. Acueducto-viaducto de Teruel. *Pierres Vedel, hacia 1550.*

la describe en su *Reseña de varios puentes construidos en España*, indicando que lo hace como excepción, por ocuparse exclusivamente de puentes. Alzola, por error, la incluye entre los acueductos romanos, que es el mayor elogio que en su época podía hacerse de una obra de este género.

La figura de su autor, Pierres Vedel, resulta también muy interesante pues, a diferencia de otros técnicos extranjeros que trabajaron en la España del Renacimiento, no fue traído por la Corona ni estuvo relacionado con ninguna obra de promoción regia. De él sabemos que trabajó en múltiples obras de ingeniería y arquitectura, todas ellas en Teruel y en el Bajo Aragón. Además de la mina de Daroca, de la que nos hemos ocupado, se sabe que construyó la iglesia de Fuentes de Ebro. Entre 1549 y 1551, recalzó los cimientos de la torre de San Martín en Teruel[20] y también hizo la fuente del cercano pueblo de Celadas. Trasladado a Albarracín, trabajó en la iglesia de los dominicos y en la reparación de la catedral de Santa María,

[20] J. Ibáñez Fernández: «La intervención de Pierres Vedel en la torre mudéjar de San Martín de Teruel (1549-1551)», en *Arte mudéjar aragonés, patrimonio de la Humanidad*, Zaragoza, 2002, pp. 265-301.

en la que fue enterrado cuando falleció. Su muerte, que Traggia data en 1561, ocurrió, según Llaguno, en 1567. Por este último sabemos que tuvo dos hijos en Aragón, pero, contra lo que era habitual en la época, ninguno continuó su labor: uno fue franciscano y el otro boticario.

III.2. *Otros acueductos, Valladolid*

Otras ciudades que podemos citar entre las que en ese periodo rehicieron o hicieron de nueva planta sus conducciones son Cuenca, San Sebastián o Valladolid, además de Toledo, que por sus especiales condiciones merece un capítulo aparte. Para el monasterio de El Escorial, obra por excelencia del siglo XVI español, se construyó un complejo sistema de abastecimiento, con presa, conducción, arcas y depósitos. También, ya dentro del XVII, se construyó una traída de aguas para el castillo de Simancas, que había sido reformado para instalar el Archivo General del reino. En muchos otros puntos de la geografía española se conservan restos o noticias de acueductos, que, aunque no en todos los casos tengan una rigurosa adscripción cronológica, pueden atribuirse a esta época; por ejemplo, los de Miranda del Castañar o Sigüenza. El de Morella, por sus arcos ojivales y su anárquica disposición, parece claramente medieval. Mejor conservado está el acueducto que abastecía al monasterio de Portaceli, en Valencia. Por Cavanilles sabemos que se construyó en tiempos de los Reyes Católicos y que seguía en uso a mediados del siglo XVIII. Nos informa, asimismo, del coste de la construcción: once mil ducados[21]. Para Torrelaguna se construyó una conducción de aguas en tiempos del Cardenal Cisneros, pero sus restos son hoy de difícil identificación, por estar mezclados con otros posteriores.

Ceán-Bermúdez, en sus adiciones a Llaguno, atribuye a Juan de Vélez la traída de aguas de Cuenca, datándola en 1538, y afirma que se le nombró fontanero mayor con un salario de treinta mil maravedíes anuales y con la obligación de cuidar las fuentes, para evitar que ocurriera lo que en Salamanca, donde, por haber muerto quien condujo el agua, costó mucho volverla a poner corriente y para ello tuvieron que recurrir a Rodrigo de Vélez, hermano de Juan. Es interesante consignar que en 1559 sucedió a Juan, en su cargo de fontanero mayor de Cuenca, Joannes de Mendizábal, con salario de noventa mil maravedíes[22]. Este incremento, con triplicación en solo 21 años, refleja la fuerte inflación sobrevenida en esa época, que es bien conocida de los historiadores económicos.

Juan Sanz de Lapaza trazó en 1566 la traída de aguas de la fuente de Olarín, situada al pie del monte Igueldo, hasta San Sebastián. Construyó para ello, según afirma Llaguno, «un magnífico acueducto, cuyas ruinas permanecen para memoria de una empresa que no llegó a concluirse»[23]. Otra traída de aguas que no llegó a

21 A. J. Cavanilles: *Historia Natural del Reyno de Valencia*, Zaragoza, 1958, t. II, p. 62.

22 E. Llaguno, t. II, p. 15.

23 Ídem, t. II, p. 106.

buen fin fue la del abastecimiento de Burgos, en la que Martín de Haya fracasó por no seguir los consejos de García de Céspedes, según este último recuerda[24].

Los principales problemas de todos los sistemas de abastecimiento fueron, tanto o más que los constructivos, los derivados de una deficiente conservación. Por eso debe señalarse la detallada ordenanza que, en septiembre de 1505, la reina doña Juana, y en su nombre su padre don Fernando, «administrador y gobernador de estos reinos», decretó y mandó observar para conservación, conducción y repartimiento de las aguas de Segovia.

Las vicisitudes del abastecimiento de aguas de Valladolid, desde mediados del siglo XV hasta bien entrado el XVII, han sido estudiadas con detalle por García Tapia y son muy representativas de las que se presentaron en otras ciudades[25]. Comienzan en 1443 con la traída, mediante tubos de barro, de las aguas de la fuente de Argales para el convento de Santo Benito y continúan con el intento de rehacerla, en 1489, sustituyendo los tubos con caños de pino verde. En 1494 dos alarifes mahometanos vecinos de Guadalajara, los maestros Yuza y Mahoma, contrataron la traída de agua de la huerta de las Marinas hasta la plaza del Mercado, para lo cual se encargaron 2.919 caños a los moros de Valladolid. En 1496 habían llegado las aguas a la Puerta del Campo, pero a causa, sin duda, de las pérdidas de carga, muy superiores a los 10 m de desnivel existentes en los 5 km de conducción, no alcanzaron la fuente ya construida en la plaza. Al no cumplir su compromiso, en 1497 ingresó Yuza en prisión. Un nuevo episodio fue protagonizado en 1500 por el maestro Alí, encargado de nivelar gratuitamente la conducción desde la Puerta del Campo a la Rinconada.

Un segundo viaje de aguas desde las Marinas se hizo a raíz de una provisión de la reina doña Juana, que en 1513 había ordenado su construcción. Se contrató para ello al zaragozano Juan Gálvez, avalado por una cédula de la propia reina («pues es persona que sabe dello mucho»). Trabajó entre 1514 y 1519, en que se le pagaron mil ducados de oro y en que proyectó la continuación de la conducción hasta el arco de la Costanilla. A pesar del éxito alcanzado, el deterioro de las obras y el aumento de población hizo pensar, en 1550, en tomar aguas del Duero.

Se volvió finalmente a pensar en la fuente de Argales, para lo que el propio Felipe II envió una carta al concejo en diciembre de 1583. En este viaje trabajaron varios ingenieros, pero el trazado definitivo fue obra de Juan de Herrera, que se desplazó a Valladolid en 1585. Las obras, paralizadas durante muchos años, se impulsaron en el tiempo en que se estableció la Corte en la ciudad del Pisuerga, dándose agua al Palacio Real en 1608[26]. Lo más notable de esta obra fueron las llamadas Arcas

[24] A. García de Céspedes: *Libro de instrumentos nuevos de Geometría*, Madrid, 1606.

[25] N. García Tapia: *Ingeniería...*, pp. 321-365.

[26] Como reflejo de las vicisitudes sufridas por esta traída quedó la siguiente copla, recogida por Narciso Alonso Cortés: «Truxe la fuente de Argales / en una costa soberbia / hasta la fuente del Campo / corto plazo y larga pena».

Reales que se construyeron en los últimos años del siglo XVI, con proyecto de Herrera y según las ideas de Cristóbal de Rojas, que recomendaba colocar un arca grande cada 500 pasos y una pequeña (cauchil) cada 100 pasos. Solo se conservan doce arcas, aunque se calcula que hubo unas sesenta y cinco.

III.3. *Plasencia y Oviedo*

El acueducto de Plasencia tiene menos empaque que el de Teruel, pero su obra sobre arcos es de mucha mayor extensión. No entraremos ahora a describir la pequeña historia —más o menos común a casi todas las ciudades peninsulares— de sus primeras obras de abastecimiento ni las vicisitudes ocurridas por sequías o por averías, que dieron lugar a pleitos entre los distintos estamentos beneficiarios de las aguas. Desgraciadamente, lo que suele dejar huella en los archivos son estas carencias y estas disputas, más que las precisas descripciones técnicas. En el caso concreto de Plasencia, parece que la primera conducción de la que existen restos conocidos data de época musulmana. Discurría por la linde entre los términos de Navamojada y Navalonguilla, salvaba el cerro de la Data y, pasando por el barrio del Cristo de las Batallas, rompía la muralla para entrar en el recinto urbano a la altura de la Puerta de los Carros. La historiografía local cita el desaguisado del corregidor que, al intentar subir el agua a la fortaleza, reventó los caños. También hay abundantes indicios epigráficos y documentales de obras de traída, de fuentes y de repartimientos de agua a lo largo del siglo XV. Durante la primera mitad de la centuria siguiente

9.12. Arcos de San Antón, Plasencia. *Construido hacia 1570.*

se suceden los pleitos entre el Cabildo y el Concejo, reflejados en una provisión de la reina doña Juana, una concordia de 1514 y un mandamiento de 1529, litigando por dos o por cuatro caños. Todo ello está confusamente aludido por el cronista Sayans, que, en sus glosas a Luis de Toro, da por sabido casi todo lo que trata de explicar, como es muy frecuente en los eruditos locales[27].

El acueducto, conocido como «los arcos de San Antón», se construyó entre 1566 y 1574 y su autor, por lo menos en su fase inicial, fue un cantero llamado Juan de Flandes. El 1 de marzo de 1571 la conducción llegaba ya muy cerca de la ciudad y para poder terminarla se otorgó en Madrid una real carta de sisa, para que la ciudad pudiera tomar a censo dos mil ducados sobre una dehesa que era propiedad de la obra de Los Caños. En 1 de diciembre de ese mismo año, el concejo volvió a tomar a censo 26.750 maravedíes «para concluir el acueducto». Existe, en el intradós de uno de los arcos, una inscripción, que trascribió Mélida, dando la fecha de finalización, bajo el corregidor don Fernando Megía, en 1574.

Actualmente se conservan dos series de arcos, una más modesta en las proximidades de la actual residencia de la Seguridad Social y otra que corresponde a los arcos de San Antón propiamente dichos. La primera, situada en el punto en que la rasante se despega del terreno, consta de los restos de un arco junto a tres obras de paso adinteladas y de tres arcos de poco más de cuatro metros de luz. El segundo tramo, ya en zona urbana, consta de treinta y ocho pilares de un solo orden de arcadas, dispuestos en dos alineaciones distintas, que forman un ángulo próximo a los 140°, una con diecisiete y la otra con veintidós arcos. En su punto más elevado, el acueducto alcanza algo más de 9 m de altura sobre el suelo. El conjunto es muy desigual, mostrando dos o más etapas en su ejecución y más de una reparación poco mañosa. La mayoría de los arcos es de medio punto, pero existe una serie de siete arcos escarzanos. Las pilas son, en una zona, rectangulares y de espesor uniforme, y en otra tienen sección pentagonal o hexagonal, con cuatro tramos de espesor creciente desde la base al arranque de los arcos. La fábrica de algunas pilas es de una sillería perfectamente labrada, con sillares de media vara de altura por vara y cuarto de largo, y en otras es de sillarejo o de una mampostería profusamente ripiada. Las dimensiones son también variables, con anchuras de pilas que en las hexagonales alcanzan 2,66 m. Las luces de los arcos contiguos a dichas pilas son de solo 4,30 m, mientras que las luces máximas llegan a 6,10. El espesor de los arcos es de vara y cuarto (de 1 a 1,05 m) y algo mayor en las pilas.

Del acueducto de Oviedo, generalmente llamado de los Pilares, quedan restos de arcos en la parte alta de la ciudad, por encima de la estación. Tras un recorrido de dos leguas y media, las aguas llegaban a la iglesia de San Pedro de los Arcos, donde

[27] L. de Toro: *Descripción de la ciudad y Obispado de Plasencia*. Comentado por M. Sayans Castaños, 1961.

comenzaba la obra elevada. Constaba de 41 pilares, con sus arcos correspondientes. Tenía una longitud de 400 m y una altura más de 10 en el collado por el que cruza sobre la carretera de Grado.

Las obras se remataron en 1564 a favor del maestro Juan de Cereceda, en la cantidad de 1.900 ducados, y se empezaron bajo su dirección en 1574, tomando aguas de las fuentes de Ulés, Bóo y Naranco. En 1568 se había acordado también tomar las del manantial de la Fitoria. No tuvieron éxito estas obras, que en 1582 se dieron por inútiles, debido a su poca elevación y solidez. Sacadas a nuevo remate se adjudicaron en 8.100 ducados al fontanero mayor de Valladolid, Gonzalo de Bárcena o de Bárzana, natural, como Juan de Herrera y como tantos otros alarifes de la época, de la Merindad de Trasmiera, en la Montaña. Tras un largo expediente, alegando haber sido engañado en el pliego de condiciones, consiguió Bárcena una cantidad adicional de 5.500 ducados. En el año de 1599 ya estaban en la ciudad las aguas de la Fitoria, que al decir de Madoz eran cristalinas, finas y de gusto exquisito[28]. Aún hubo necesidad de hacer reparaciones y de encañar el alto de Lavapiés mediante 800 arcaduces. La obra resultante mereció los elogios de Jovellanos, quien la calificó de «bellísima, de arquitectura montañesa, pero digna de romanos». Entre 1864 y 1865 se hizo una nueva traída, y en 1905 y 1910 el ayuntamiento de Oviedo intentó derribar los arcos, dando lugar a un dictamen de la Real Academia de la Historia[29].

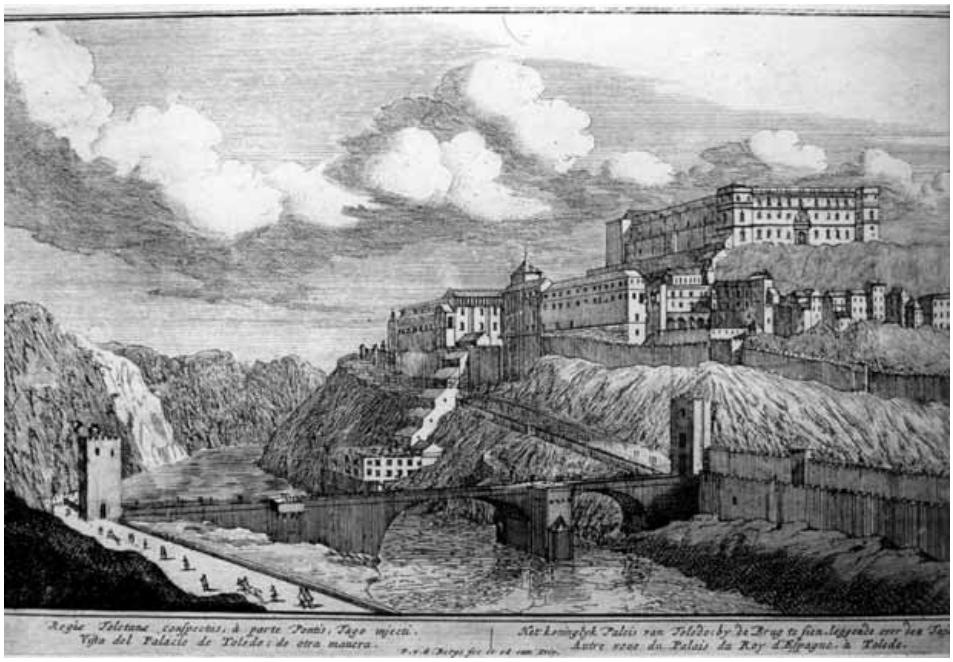
III.4. *Elevación de aguas a Toledo*

Toledo dispuso en época romana de un acueducto con conducción procedente de la presa de Alcantarilla, que tomaba el agua del río Guajaraz y que atravesaba el Tajo mediante una obra de la que quedan algunos vestigios, pero que, por su gran diferencia de nivel sobre el cauce, ha dado lugar a varias interpretaciones. Alfonso Rey Pastor imaginó un magno acueducto con tres órdenes de arcadas y Carlos Fernández Casado, tras una primera hipótesis de conducción a nivel con solo dos órdenes de arcos, se decantó por una obra de altura más modesta que servía de portasifón.

Cuando, en el siglo XVI, la predilección de Carlos V convirtió a Toledo en «la ciudad imperial», se hizo necesario asegurar su abastecimiento y fue precisamente la dificultad técnica de repetir el abastecimiento de aguas rodadas al estilo romano lo que determinó una curiosísima solución para elevar las del río mediante un artilugio debido a Juanelo Turriano (o Torriano), relojero e ingeniero del emperador y, más tarde, de Felipe II. A partir de 1526 hubo varios intentos de elevar, con bombas u otros ingenios, el agua del Tajo hasta el Alcázar. Todos fracasaron a causa del gran desnivel existente, próximo a los 100 m; pero, en 1565, Juanelo, tras estudiar el asunto detenidamente, firmó un contrato con la ciudad y con la Corona, en términos tan

[28] P. MADOZ: *Diccionario Geográfico*, t. XII, p. 486.

[29] A. FERNÁNDEZ CASANOVA: «El acueducto de los Pilares, Oviedo», *Boletín Real Academia de la Historia*, 1915, LXVI, pp. 537-540.



9.13. Restos del ingenio de Juanelo en Toledo. *Grabado holandés del siglo XVII.*

leoninos que, a pesar de su éxito técnico, acabarían determinando su ruina. Se comprometió a colocar 12.400 litros diarios en la plaza del Alcázar, no cobrando nada hasta que el agua corriese a entera satisfacción. Después se le pagarían 8.000 ducados por parte del rey y 1.900 de renta anual por la ciudad, debiendo conservar el ingenio a sus expensas.

El ingenio se basaba en un conjunto de cazos de latón montados sobre un mecanismo de brazos articulados que, movido por cuatro ruedas hidráulicas, iba pasando el agua de unos a otros. Se calcula que constaba de 384 cazos en dos hileras, repartidos entre varios escalones[30]. En 1569 estaba el ingenio funcionando y daba un caudal vez y media superior a lo estipulado, a pesar de lo cual ni el ayuntamiento ni el rey pagaron nada. Lo cierto es que el Alcázar tomaba toda el agua para sí y la ciudad no se beneficiaba. En 1576 se llegó a un acuerdo por el que el rey quedaba con toda el agua del ingenio y Juanelo, que ya estaba construyendo otro nuevo artilugio adosado al anterior, suministraría a la población, quedando la conservación de ambos a su costa y a la de sus herederos. El segundo ingenio, más perfeccionado, funcionaba satisfactoriamente y con mayor caudal del previsto en 1584. Juanelo, ya octogenario y arruinado, murió en 1585 y la conservación de ambos arti-

[30] N. García Tapia: *Ingeniería..*, pp. 281-290.

lugios pasó a su nieto, del mismo nombre. Como prueba de la fama alcanzada por los ingenios, es curioso señalar que en 1593 solicitaron los herederos permiso para cobrar una entrada a los visitantes, en lo que hubiera sido, a decir de Nicolás García Tapia, «el primer museo de la Técnica».

A la muerte de Juanelo *el Mozo*, ocurrida en 1595, se encargó de los ingenios Juan Fernández del Castillo, que no era relojero, y cuando el primero de ellos empezó a deteriorarse, propuso su sustitución por un sistema de bombas de émbolos alternados, de las llamadas «tisibicas». Aceptado el proyecto en 1606, se desmanteló el primer ingenio de Juanelo y se construyó la máquina de Fernández del Castillo arrimada al tabique de separación con el nuevo, que fue reparado. En 1619 llegaba ya el agua al Corral de Pavones y al año siguiente vertía dentro del Alcázar. Castillo murió, arruinado como Juanelo, en 1626. Para entonces, el segundo ingenio de Juanelo, falto de una conservación adecuada, estaba paralizado y solo funcionó ya ocasionalmente. Su triste historia terminó en 1639 con el robo de buena parte de los cazos y codillos de latón. Era para entonces el vestigio de una tecnología superada y no volvió a reconstruirse.

IV

Los puertos

El Renacimiento es la época de los grandes descubrimientos geográficos y la de mayor expansión militar y comercial. Mientras se mantienen los intereses españoles en el Mediterráneo, la conquista de Canarias primero y el descubrimiento de América después abren las rutas del Atlántico. Las guerras con Inglaterra y la cuestión de Flandes obligan a atender la fachada cantábrica de la Península Ibérica. Por lo tanto, es esta una época dorada en el desarrollo naval, que necesariamente ha de llevar consigo una mayor atención a los puertos.

Al tratar de los puertos debemos distinguir siempre entre los abrigos naturales que históricamente han servido para acoger a las embarcaciones y las obras en ellos realizadas, como son las fortificaciones y establecimientos militares destinados a su defensa, las estructuras exteriores construidas para suplir o complementar a dichos abrigos allí donde eran insuficientes y las instalaciones construidas en tierra para facilitar la carga y descarga de pasajeros y mercancías. Es de esas obras de las que aquí hemos de ocuparnos, teniendo siempre en cuenta que, hasta épocas relativamente recientes, las obras exteriores han experimentado un desarrollo muy pequeño en comparación con el de las obras terrestres, sean de fortificación o de carga y descarga.

Escalante de Mendoza en su *Itinerario de navegación de los mares*, de 1575, distinguía «tres géneros y maneras de puertos, que son barras, bahías y playas». Denominaba barras a los puertos propiciados por las desembocaduras de los ríos, bahías a los formados en los estuarios y playas a los surgidos en el mar. Rodríguez-

Villasante, de quien tomamos esta referencia, esquematiza estos tres tipos de puertos en un dibujo en que, en cualquiera de los casos, las instalaciones portuarias aparecen acompañadas por la típica fortificación poligonal con torres artilladas, de la que parte un espolón que se adentra en el agua[31]. Los puertos de Sevilla, Lisboa o Málaga podrían servir de ejemplo para cada uno de estos tipos, respectivamente. Naturalmente, los puertos en playa exigían una mayor protección frente a los enemigos y también frente a los agentes naturales. Si nos fijamos en la vista de la última de las ciudades citadas, dibujada por Anton Van der Wyngaerde, en 1563, veremos un gran lienzo de murallas, con numerosas torres y puertas, que recorre toda la fachada marítima. Detrás aparece el caserío y, en la ladera de Gibralfaro, la Alcazaba. En una de las playas, la más próxima a la desembocadura del Guadalmedina, se ven numerosas barcas que indican que se usaba como puerto pesquero, mientras que el puerto comercial estaría instalado en la playa contigua, protegido por fuertes torres y con un espigón que se adentra en el mar. Frente a él aparecen fondeados numerosos veleros[32].

Modesto Vigueras y Javier Peña, que son los autores que con mayor detalle han estudiado la evolución de las estructuras portuarias españolas, han dedicado a la época que ahora nos ocupa un extenso capítulo de su gran tratado sobre nuestros puertos. Tras referirse a la situación histórica y su influencia sobre la navegación y el comercio, estudian la evolución de los conocimientos técnicos y científicos. Analizan el efecto que sobre las técnicas portuarias, como sobre tantas otras, tuvieron las ediciones de la obra de Vitrubio y los diversos tratados de construcción en ella inspirados. Se ocupan de los ingenieros y autores que en ese periodo trabajaron y entran a describir la tecnología de la construcción y los medios auxiliares disponibles, para pasar, finalmente, al examen pormenorizado de las actuaciones en los más importantes puertos peninsulares y ultramarinos[33].

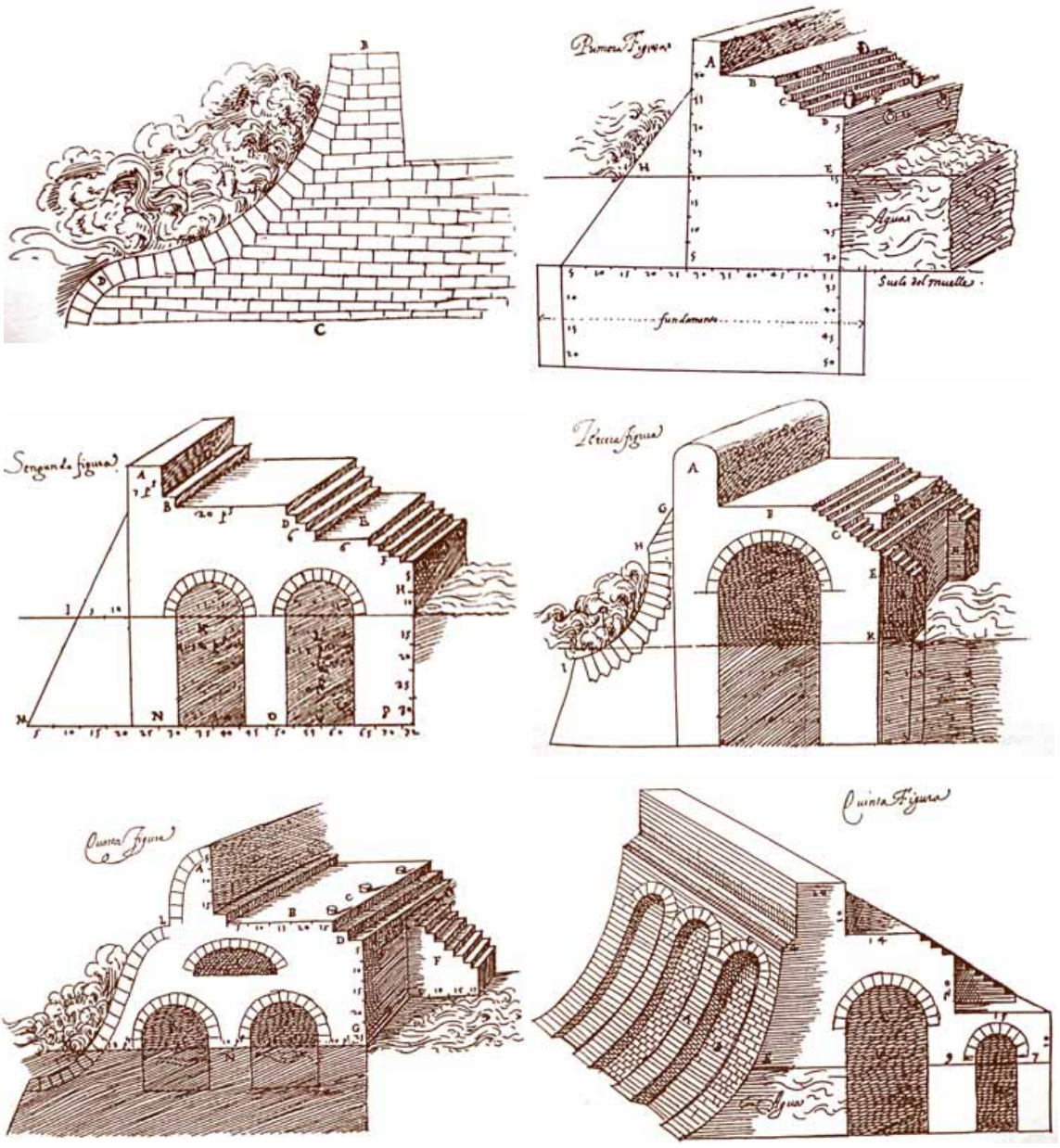
Según estos autores, durante el Renacimiento la tecnología portuaria experimentó un notable desarrollo que queda reflejado en una serie de aspectos entre los que, partiendo de la ya comentada difusión de la obra de Vitrubio, se incluyen:

— Colaboración de grandes ingenieros de diversas nacionalidades, al servicio de la monarquía hispánica; entre ellos los italianos Antonelli, Spanoqui y Bursoto y los españoles Herrera, Rojas, Roda, etc.
— Aparición de un texto, *Los veintiún libros de los ingenios y máquinas*, que puede ser considerado el primer tratado portuario.

31 J. A. Rodríguez-Villasante, pp. 61-76.

32 Las imágenes de diversas ciudades peninsulares recogidas por Van der Wyngaerde se encuentran, por ejemplo, en *Atlas histórico de ciudades europeas, I. Península Ibérica*, Salvat, Barcelona, 1994. En el caso de Málaga, otras representaciones de la época pueden verse en la obra de Cabrera y Olmedo sobre su puerto.

33 M. Vigueras y J. Peña, tomo I, capítulo 2.3, pp. 135-203.



9.14. Defensas de puerto. *Secciones de dique: cóncavo, macizo, con doble abovedado, abovedado, con triple abovedado y con abovedado asimétrico y pilastrones frontales.* Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas *(Biblioteca Nacional, Madrid).*

— Dominio de las técnicas de cimentación mediante pilotes, enfaginados, cajones flotantes de madera, etc.
— Conocimiento de las cales hidráulicas, puzolanas, morteros y mamposterías.
— Utilización de escolleras en diques de abrigo y en la base de muelles de cantería.
— Técnicas para construir espigones, aligerados y de pedraplén o mampostería.
— Desarrollo, al final del periodo, de los primeros equipos de dragado.
— Conocimiento de las estructuras básicas —mandrachos— para delimitar los canales de acceso a los puertos.
— Utilización, a mediados del siglo XVII, de diques de escollera con superestructura vertical constituida por muros o cajones.

Los veintiún libros de los ingenios y máquinas constituyen una fuente fundamental para juzgar el estado de los conocimientos portuarios en el siglo XVI. A lo largo de los libros 19 y 20, el autor analiza la misión e importancia de los puertos, las condiciones físicas que debe cumplir su emplazamiento, la planificación de su construcción, la ejecución de diques, muelles y otras infraestructuras, la cimentación de las obras y otros temas relacionados, como, por ejemplo, el salvamento de navíos hundidos o el rescate de sus restos. Vigueras y Peña, que encabezan su obra con una frase de este libro («Porque no es dado a todos los hombres hacer tales obras...»), subrayan la claridad y contundencia de sus juicios sobre las características de las obras marítimas y la necesidad de encargarlas a hombres sensatos y expertos.

Al analizar la labor desarrollada durante este periodo no podemos entrar al casuismo de cada puerto, con sus vicisitudes, accidentes, reparaciones y proyectos. Diremos que las actuaciones estuvieron muy condicionadas por las características de cada zona. Los puertos del Mediterráneo, con excepciones como los de Cartagena o Mahón, situados en dársenas y que, por lo tanto, no requerían obras de defensa, se situaban sobre costas abiertas (los puertos en playa de Escalante) o, a lo sumo, en una bahía amplia como Rosas o Palma de Mallorca. En estos puertos las obras solían consistir en un escollerado con coronación de mampostería, como en Gibraltar, Málaga o Ibiza, que penetra en el mar y crea una protección incipiente. En otros casos, como el de Valencia, donde las condiciones físicas no posibilitaban la ejecución de una obra definitiva, se construyeron pequeños embarcaderos de madera que los temporales y los animales xilófagos se encargaban de destruir paulatinamente.

En el Atlántico el puerto fundamental fue Sevilla, sin duda el centro comercial más importante del mundo; pero por sus condiciones de puerto fluvial, no se acometieron obras permanentes. Vigueras y Peña dan por sentado que los galeones fondeaban en el río y la carga y descarga se realizaba con barcazas. Sin embargo, una vista panorámica de autor anónimo, fechada en 1617, nos muestra una ribera, entre la Torre del Oro y el puente de barcas, literalmente abarrotada de navíos. Están en la orilla y solo alguno que no tiene sitio aparece anclado en el centro del cauce, a la espera, sin duda, de poder descargar. En Huelva no hubo ningún tipo de instala-

ción y en Cádiz solo había obras de defensa y, según se deduce por grabados, un pequeño espigón de desembarque.

En las rías bajas gallegas, de tan magníficas condiciones marítimas, no han quedado restos de obras. Es el mismo caso de Canarias, aunque por las razones contrarias. Con difíciles condiciones físicas, con grandes calados y sin abrigo frente al mar, no se hicieron obras durante este periodo o por lo menos no han quedado rastros de ellas.

En los puertos del Cantábrico hay que distinguir los situados en ríos, como Bilbao o Avilés, en que se hicieron obras longitudinales de encauzamiento, y los situados en amplias rías, como Pasajes o El Ferrol, en que solo se levantaron pequeñas obras de servicio. El problema de estos puertos estribaba en los aterramientos y en la pérdida de calado en sus entradas, en las que se formaban peligrosas barras que amenazaban seriamente la navegación y no podían ser combatidas con los rudimentarios métodos de dragado disponibles. Un tipo de instalación importante y muy representativo de la técnica española fueron las dársenas construidas con diques convergentes que arrancaban desde la orilla. Así puede verse en San Sebastián y Gijón, de morfologías semejantes, puesto que en ambos casos se trata de una pequeña isla unida por un tómbolo, y en Santander, cuyo puerto está situado en una amplia ría al abrigo de los temporales[34].

En Ultramar, con un terreno casi virgen, los colonizadores pudieron elegir el asentamiento más favorable para sus puertos y lo hicieron en bahías abrigadas, como es el caso de La Habana, Veracruz, Acapulco, Guayaquil o Puerto Cabello, y solo en algún caso, como el de El Callao, trataron de establecer sus muelles en mar abierto. Las únicas obras que en un primer momento se emprendieron fueron las de fortificación contra los depredadores. Se sabe, no obstante, de obras como los muelles de Santo Domingo, que estaban terminados en 1548. En Filipinas, podemos referirnos al pantalán de madera construido en el puerto de Cavite y señalar que 'pantalán' es palabra tagala, por lo que cabría hablar de una importación de tecnología desde Extremo Oriente.

Los Reyes Católicos dictaron numerosas disposiciones tendentes a favorecer el tráfico marítimo y las obras portuarias. Pablo de Alzola recoge referencias a algunas de ellas. En 1482 crearon la Lonja de Comercio de Valencia; en 1494 se fundó el Consulado de Burgos y en 1503 ordenaron el establecimiento de la Casa de Contratación de Sevilla. En 1511 se autorizó en Bilbao una institución análoga. En el campo de las obras podemos señalar las del puerto de Barcelona, que se reemprendieron en 1477 bajo la dirección del ingeniero hidráulico Stasio. Los trabajos se desarrollaron lentamente, llegando el espigón en 1484 hasta la isla de Mayan, con una longitud de 103 m. En ese reinado se ordenó la construcción del muelle de Rentería (Pasajes) y en 1509 se proyectó un dique que partiendo de la torre de San Sebastián

[34] Ídem, p. 190.

9.15. Bahía y puerto de Santander en el siglo xvi. Civitatis orbis terrarum*, de Braun y Hogenber.*

llegase a la punta de las Cruces. Para esta obra ofreció la villa 12.000 ducados y libró el monarca 24.000, raro ejemplo de subvención directa, probablemente a causa de su interés estratégico. También autorizó al ayuntamiento de Bermeo para la exacción de ciertos tributos destinados a construir el muelle. Se dieron licencias, asimismo, para instalación del alumbrado en el puerto de Guetaria y en los de Cádiz y Santa María[35]. De las obras y del estado del puerto de San Sebastián nos daría noticia, años más tarde, Pedro de Medina:

> Está asomado a la costa del mar, tiene un buen puerto, aunque es playa donde las naos hacen sus cargazones. Tiene junto a la mar un muelle grande y muy bueno, donde las naos y otros navíos cargan y descargan sus mercaderías en mucha cantidad, para Francia, Flandes, Inglaterra y para otras muchas partes. Junto a este muelle es una torre muy grande donde las naos quitan y ponen sus mástiles; y a la parte de la

[35] P. de Alzola, 3.ª edición, pp. 116-118.

> playa tiene un contramuelle muy fuerte, donde la mar bate en sus crecientes y tormentas, porque con la fuerza y embate del agua el muelle no reciba daño[36].

Otro ejemplo de tales disposiciones para impulsar las obras marítimas lo ofrece la que don Fernando II de Valencia (el Rey Católico) concedió a don Bernardo de Rojas y Sandoval, marqués de Denia, para reparar el puerto de dicha población y construir en su entrada dos torres con sendos faros que habrían de alumbrar toda la noche. Ello le daría derecho a cobrar una tarifa de anclaje y otra por el uso del balizamiento, tarifas de las que quedaban exentos los barcos reales y los de los vecinos de la ciudad de Valencia y su reino[37].

Durante la segunda mitad del siglo XVI hay abundantes noticias de trabajos en el puerto de Cartagena, con obras en el muelle de San Leandro y la construcción de un pantalán de madera. En 1586 el albañil Juan Martínez trabajaba en el espigón de la plaza; pero las obras de un muelle de cantería, adjudicadas a Pedro Milanés, no se emprenderían hasta 1607. También se trabajó mucho en Gibraltar, donde un temporal destruyó 130 varas del muelle de El Mandracho, quedando otras 300 varas en pie. Cristóbal de Rojas aconsejó la construcción de un muelle nuevo; pero, tras la visita de Bautista Antonelli, partidario de reforzar el viejo, proyectó Rojas su refuerzo con un manto de escollera de gran tamaño en el exterior y un muro de atraque de cantería en el interior. De otro Antonelli, Cristóbal, sabemos que estudió por esas fechas el puerto de Los Alfaques, en el delta del Ebro.

En cualquier caso, a pesar de los progresos de las técnicas constructivas, las obras marítimas exteriores fracasaron, en buena parte de los casos, por falta de conocimientos oceanográficos. Obras costosas proyectadas empíricamente, sin estudio de los movimientos del mar, se destruían en pocos años o provocaban efectos contraproducentes, al inducir el aterramiento de los puertos que trataban de defender. Un ejemplo de cómo las esperanzas y los esfuerzos de los pueblos se consumían en un continuo tejer y destejer, en medio de quejas y polémicas, nos lo ofrece el puerto de Málaga, a lo largo del siglo XVI. En 1548, Pedro de Medina, tras informar de la gran actividad militar que en la ciudad se desarrolló con motivo de la conquista de Túnez y de la gran cantidad de galeones y carabelas que llenaron su puerto, decía: «Hácese en ella un muelle para reparo y abrigo de los navíos, que acabado, será una de las buenas obras del mundo»[38]. La realidad, sin embargo, resultó muy distinta. En 1596 se efectuaba una información sobre la situación del muelle y los efectos producidos por la parte realizada. El mercader Esteban Romero declaraba que el muelle, que tenía una longitud de 88 pasos, estaba siendo cegado por las arenas y que en el plazo de veinte años sería de muy poco provecho. Decía, asimismo, que un arrecife construido en la orilla por el maestro mayor de las obras había sido

[36] P. de Medina, p. 174.

[37] J. Ferrer Marsal, pp. 65-67.

[38] P. de Medina, p. 187.

muy perjudicial, pues las olas al romper causaban destrozos en los navíos y la muerte de las personas, y que las tormentas de levante habían derribado parte del muelle, provocando la pérdida de dos navíos con sus mercaderías. Con estas declaraciones concordaban los testimonios de otros siete testigos (marineros, patrones y vecinos, incluido uno que siendo estudiante iba a bañarse al arrecife)[39].

En definitiva, a pesar de los grandes progresos teóricos y de la gran labor desarrollada, podemos aceptar como cierto el diagnóstico de Dolores Romero y Amaya Sáenz:

> La prolijidad y el nivel de detalle en los diseños portuarios contrasta con la parca realidad de los muelles y la desprotección de nuestras costas. Tan es así que el trasbordo de pasajeros y mercancías, a través de pequeñas embarcaciones en un ir y venir continuo desde la costa a los buques frente a ella fondeados, siguió siendo el sistema generalizado en buena parte de los puertos, y no solo a falta de las instalaciones adecuadas sino a menudo por su manifiesta inutilidad[40].

Bibliografía

Aguiló, Miguel: *La enjundia de las presas*, Madrid, ACS, 2002.

Alzola y Minondo, Pablo de: *Las obras públicas en España. Estudio histórico.* Bilbao, Casa de Misericordia, 1899. [Reeditado con el título *Historia de las Obras Públicas en España*, Madrid, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 1979, 3.ª ed. 1994].

Arenas de Pablo, Juan José: *Caminos en el aire*, Madrid, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 2003.

Aramburu-Zabala, Miguel Ángel, y Begoña Alonso Ruiz: *Santander: un puerto para el Renacimiento*, Santander, Cajacantabria/Puerto de Santander, 1994.

Arrúe Ugarte, Begoña, y José Gabriel Moya Valgañón (coords.): *Catálogo de puentes anteriores a 1800: La Rioja*, Logroño, 1988.

Boletín MOPU, «Una grandiosa obra de ingeniería del siglo xvi», MOPU, junio 1982, pp. 38-42.

Cabrera Pablos, Francisco R., y Manuel Olmedo Checa: *El puerto de Málaga, 30 siglos de vida, 400 años de historia*, Málaga, Junta de Obras del Puerto, 1988.

CEHOPU: *Cuatro conferencias sobre historia de las Obras Públicas*, Madrid, CEHOPU, 1987.

Chías Navarro, Pilar, y Tomás Abad Balboa: *Los puentes de España*, Madrid, FCC, 1994.

[39] M. Olmedo Checa, documento n.º 9, pp. 21-23.

[40] D. Romero y A. Sáenz, p. 30.

Chueca Goitia, Fernando: «El agua en el renacimiento y el barroco», en *El hombre y el agua en la geografía y en la historia de España*, Grupo FCC, 1995, capítulo iv, pp. 119-193.

Espinosa, Pedro Celestino: «Reseña de varios puentes construidos en España desde la Antigüedad hasta principios del siglo xix», *ROP*, 1878 y 1879.

Felipe II. Los ingenios y las máquinas. Ingeniería y obras públicas en la época de Felipe II, Madrid, Sociedad Estatal para la Conmemoración de los Centenarios de Carlos V y Felipe II, 1998.

Fernández Marco, Juan I.: *El Canal Imperial de Aragón. Estudio geográfico*, Zaragoza, 1961.

Fernández Ordóñez, José Antonio, Tomás Abad Balboa y Pilar Chías Navarro: *Catálogo de puentes anteriores a 1936. León*, Madrid, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 1988.

— Rosario Martínez Vázquez de Parga, Tomás Abad Balboa, Carmen Andrés Mateo y Aurora Galán Hergueta: *Catálogo de noventa presas y azudes anteriores a 1900*, Madrid, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 1984.

— Rosario Martínez Vázquez de Parga, Teresa Sánchez Lázaro, Luis de Carrera González y Alejandro Carro Pérez: *Catálogo de treinta canales españoles anteriores a 1900*, Madrid, Colegio de Ingenieros de Caminos/CEHOPU, 1986.

Ferrer Marsal, Juan: *El puerto de Denia. Una ilusión de progreso*, Valencia, Generalitat Valenciana, 1994.

Fuertes Marcuello, Julián: «El túnel o 'mina' de Daroca. Obra hidráulica del siglo xvi», *Revista de Obras Públicas*, n.º 3257, 1987, pp. 253-261.

García Ortega, Pedro: *Historia de la legislación española de caminos y carreteras*, Madrid, MOPU, 1982.

García Tapia, Nicolás: *Los veintiún libros de los ingenios y máquinas de Juanelo, atribuidos a Pedro Juan de Lastanosa*, Zaragoza, Diputación General de Aragón, 1997.

— *Ingeniería y arquitectura en el renacimiento español*, Valladolid, 1990.

Gómez de Somorrostro, Andrés: *El acueducto y otras antigüedades de Segovia*, Madrid, 1820. [Edición facsimilar, Segovia, 1974].

González Tascón, Ignacio: *Ingeniería española en Ultramar (siglos xvi-xix).* Madrid, MOPT/Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 1992.

Gual Camarena, Miguel: *Estudio histórico-geográfico sobre la Acequia Real del Júcar*, Valencia, 1979.

Guía de los puentes de España, MOPU, 1987.

Llaguno de Amírola, Eugenio: *Noticias de los arquitectos y arquitectura de España desde su restauración* (reedición), Madrid, Turner, 1977.

López Gómez, Antonio: «Embalses de los siglos xvi y xvii en Levante», *Estudios Geográficos*, 1987, pp. 617-656.

Martínez del Olmo, Francisco J. (ed.): *Agua e ingenios hidráulicos en el valle del Tajo*, Madrid, Confederación Hidrográfica del Tajo, 1998.

Medina, Pedro de: *Libro de grandezas y cosas memorables de España*, Sevilla, 1548. [Ed. de Ángel González Palencia, Clásicos españoles I, Madrid, CSIC, 1944].

Menéndez Pidal, Gonzalo: *España en sus caminos*, Madrid, Caja de Madrid, 1992.

Meneses, Alonso de: *Repertorio de caminos*, Alcalá de Henares, 1576 [Ed. facsimilar, con epílogo de José I. Uriol, Madrid, Ministerio de Educación y Ciencia, 1976].

Olmedo Checa, Manuel: *Miscelánea de documentos históricos urbanísticos malacitanos, recopilados por...*, Málaga, Excmo. Ayuntamiento de Málaga, 1989.

Rodríguez-Villasanta Prieto, Juan Antonio: «La evolución de los puertos españoles en la Edad Moderna», en *Puertos españoles en la historia*, pp. 61-76. Madrid, CEHOPU, 1994.

Romero, Dolores, y Amaya Sáenz: «La construcción de los puertos: siglos xvi-xix», en *El sistema portuario español (siglos xvi-xx)*, pp. 29-56, Madrid, CEHOPU, 1995.

Rumeu de Armas, Antonio: *Itinerario de los Reyes Católicos, 1474-1516*, Madrid, CSIC, 1974.

Sáenz Ridruejo, Fernando: «Algunos aspectos poco conocidos en la historia del Canal Imperial de Aragón», en Conde de Sástago: *Descripción de los Canales Imperial de Aragón y Real de Tauste*. Ed. facsimilar, dos tomos, Madrid, MOPU, 1984.

Smith, Norman: *The heritage of Spanish Dams*, Madrid, 1971 [Reedición, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 1992].

Ugalde Agúndez, Jesús María: *Los caminos teresianos*, Madrid, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 1989.

Uriol Salcedo, José I.: *Historia de los caminos de España,* vol. i, Madrid, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 1992.

Vigueras González, Modesto, y Javier Peña Abizanda: *Evolución de las tecnologías de las infraestructuras marítimas en los puertos españoles*, Madrid, Puertos del Estado, 2000, tomo i, pp. 135-203.

10
La artillería: aproximación y materiales

Pedro Mora Piris
Ministerio de Defensa

Se considera que fue en el siglo XIV cuando tuvo lugar el descubrimiento de la pólvora y su aplicación a las armas de fuego, lo que trajo consigo el uso generalizado de la artillería en el siglo siguiente y resultados más demoledores y eficaces de sus fuegos sobre las viejas fortificaciones en el siglo XVI. La ciencia y la técnica se aunaron en conseguir una artillería cada vez más efectiva, de mayor movilidad y de usos diferenciados cara a sus objetivos. La artillería estuvo inmersa en procesos de experimentaciones y mejoras técnicas que en la segunda mitad del siglo XVI se concretaron en cambios sustanciales de diseños y eficacia.

A su vez, respondiendo a la creciente eficacia de la artillería, se hizo necesario adaptar primero y crear, más tarde, nuevos conceptos estructurales en las fortificaciones que resistiesen los efectos de los proyectiles de la artillería. En el segundo tercio del siglo los debates y reflexiones entre artilleros, ingenieros-soldados e ingenieros-teóricos desembocaron en dos tendencias: la escuela de Palas, donde se encuadran los militares por excelencia, básicamente de origen español, y la de Minerva, fundamentalmente compuesta por ingenieros militares y civiles de origen italiano.

Mientras, los Estados estaban afanados en elaborar proyectos técnicos que significasen soluciones poliorcéticas en las estructuras fortificadas frente al creciente poder de la artillería. De este modo, a un mayor alcance, precisión y eficacia de la artillería debía darse respuesta oponiendo unas fortificaciones más resistentes, en las que fuera posible emplazar artillería y desde las cuales se pudiesen batir con los fuegos propios tanto el entorno de las fortificaciones como las posiciones enemigas. Se entraba así en una actitud defensiva de mayor dinamismo, oponiendo poderosas estructuras defensivas y contundentes réplicas de fuego, con lo que el arte de la guerra se mostraba como filosofía bélica nacida al amparo del ámbito renovador del humanismo renacentista. *Firmeza, simetría* y *comodidad* se acuñaron como conceptos de aplicación en unas fortificaciones con estructuras cada vez más complejas, poderosas y resistentes, adaptadas para acoger con amplitud y comodidad la artillería destinada a su defensa. Basadas en fundamentos geométricos y matemáti-

cos, las trazas desarrollan un completo plan de fuegos sin espacios muertos, superando los viejos conceptos sobre expugnación y defensa de plazas fortificadas.

I

Aproximación a la artillería en los siglos XV y XVI

I.1. *La artillería de los Reyes Católicos*

La conquista de Constantinopla por los turcos en 1453 supuso el inicio de una nueva etapa histórica, en la que la artillería se consagraba como arma decisiva en las batallas, y se abría un frente de conflictos políticos y estratégicos en Europa.

Los Reyes Católicos utilizaron la artillería en la guerra de Sucesión y posteriormente en la de Granada, donde se empleó en quince sitios a ciudades; y si en algunos casos, como en el cerco de Loja, no fue todo lo decisiva que se esperaba, lo fue sin embargo en la toma de Tájara y Alhama, así como en la rendición de Álora y Setenil, donde consiguió el derribo de sus murallas.

Valorando la complejidad que suponía el mando y manejo de la artillería, Isabel y Fernando iniciaron una embrionaria organización de la artillería como cuerpo diferenciado. Estableciendo plantillas, se desterró la costumbre de designar jefe a un noble muchas veces carente de los conocimientos y experiencia necesarios. Los reyes creían más en la eficacia de los asedios o cercos que en la rendición de las plazas, como consecuencia de los todavía imprecisos fuegos de la primitiva artillería. Pero el cronista Hernando del Pulgar anunciaba, ya por entonces, la debilidad de las viejas fortificaciones medievales («muros y torres que se habían fabricado para la sola guerra de lanza y escudo»[1]) ante las nuevas máquinas de guerra.

La guerra de Granada abrió el camino a un ejército permanente donde la artillería adquiría un papel cada vez más determinante. Así se acredita con el nombramiento de mosén San Martín, «contino de la casa del Rey», como «Proveedor y Veedor General de la Artillería». Se daba así un paso al reconocimiento de la artillería como Cuerpo, en documento fechado en Granada el 2 de mayo de 1501, donde se contienen asuntos relativos a doctrina, fabricación de cañones, su empleo, organización, administración y contabilidad. Comenzaba de este modo en la primera década del siglo XVI, con el establecimiento de tres núcleos artilleros, una visión estratégica enfocada a intervenciones en tres probables teatros de operaciones. Mosén San Martín contó con tres Capitanes de la Artillería, uno en Italia a cargo de Diego de Vera, otro en Andalucía con Juan Rejón, y el tercero Ramón López en el Rosellón.

La realidad, luego, descubrió unas carencias debidas al lamentable estado de un material envejecido por el desgaste natural de las campañas habidas, lo que obligó al regente cardenal Cisneros, tras la muerte de Fernando el Católico, a solicitar a

[1] M. Ladero Quesada: *La Guerra de Granada (1482-1491)*, Diputación de Granada, 2001, p. 29.

Diego de Vera la elaboración de un informe sobre el estado de la artillería. De manera rigurosa y poco optimista, el documento refiere la necesidad de contar con fundiciones que paliaran aquel estado de cosas: «[...] porque en el día de hoy la más parte de la guerra es la Artillería y la fundición». Se hace hincapié en la contradicción que suponía el hecho de que ciertos Grandes de Castilla tuvieran sus propios arsenales de artillería comprada en Flandes y Alemania, mientras los de la Corona estaban casi vacíos[2], una situación latente desde que los Reyes Católicos intentaron acabar con los arsenales nobiliarios.

El cardenal Cisneros emprendió una reorganización militar profunda encaminada a disponer de dotaciones de artillería para hacer frente tanto a las necesidades de defensa como a las expediciones y conquistas norteafricanas. La organización hablaba de personal con cometidos específicos: *gastadores* o *sirvientes*, dedicados a maniobras de fuerza, transporte y emplazamiento de los cañones; *ayudantes de artillero*, con posibilidades de ascenso a *tiradores* o *artilleros ordinarios*, y en un nivel superior los *cañoneros* o *lombarderos*, con posibilidades de ascender a *gentiles-hombres*, etc.

I.2. *La artillería de Carlos I*

Llegada a España de Carlos I. Primeras disposiciones

La llegada a España en 1517 del joven Carlos I trajo reformas de modos y comportamientos aportadas en muchos casos por los extranjeros de su séquito. Desconocedor de la realidad española, repartió cargos importantes a flamencos de su Corte, como fue el caso de Juan de Terramonda, personaje estrechamente relacionado con el monarca, que había ostentado en Flandes el cargo de *Grand Maître* de la Artillería, por lo que Carlos I le nombró en 1523 Capitán de la Artillería. Terramonda había mandado en 1522 un espectacular tren de artillería en un desfile que, organizado en Valladolid, causó estupor y asombro en las gentes: desfilaron 74 piezas de artillería con sus respectivos montajes y piezas de respeto, arrastradas por 2.128 mulas conducidas por 1.074 hombres, que venían de aplastar la insurrección comunera. Parecía un mensaje de advertencia a quienes pudieran albergar intenciones de encabezar nuevos intentos de levantamiento, pues la artillería era toda una exteriorización del poder del monarca, su «ultima ratio regis»[3].

Por su parte, el capitán de la artillería actuaba con gran movilidad. Tal era el caso de Diego de Vera, cuya presencia se constata en 1508 en el Peñón de Vélez de la Gomera tras su conquista, donde asumió la «fortificación y la artillería», ayudado por un equipo de «maestros mayores de fortificaciones, arquitectos militares, capitanes de cercos o capitanes de trincheras». Desde aquel momento, personas al servicio de la artillería comenzaron a ser reconocidas como *ingenieros*, los cuales, aparte de sus

[2] Archivo de Simancas, *Guerra de Mar y Tierra*, leg. 1.

[3] P. Mora Piris: *La Real Fundición de Bronces de Sevilla (siglos xvi a xviii)*, Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla, Sevilla, 1994, pp. 242-243.

conocimientos genuinamente artilleros, debían entender sobre cuestiones técnicas, como fundición de cañones, medición de distancias, trazado de baterías y trincheras.

Convertida Italia en el teatro de operaciones en que se dirimían parte de los conflictos de las dos potencias del momento: España y Francia, no puede sorprender que hallemos integrados en los ejércitos españoles ingenieros extranjeros y sobre todo italianos. La reputación de estos últimos explica que buena parte de los proyectos de fortificación en España, Italia, Flandes, África o América se debiesen a personajes tan conocidos como Antonelli, Spanocchi, Juan Bautista Calvi, etc.

Organización artillera de 1525 a 1540

Una de las primeras acciones llevadas a cabo por el capitán de la artillería fue impulsar un despliegue artillero en España, estructurado en guarniciones estratégicamente distribuidas en las costas y en el interior: Málaga, La Alhambra, Fuenterrabía, Perpiñán, Gibraltar, Almuñécar o Salobreña fueron puntos dotados de mandos, material, ingenieros, minadores y personal auxiliar.

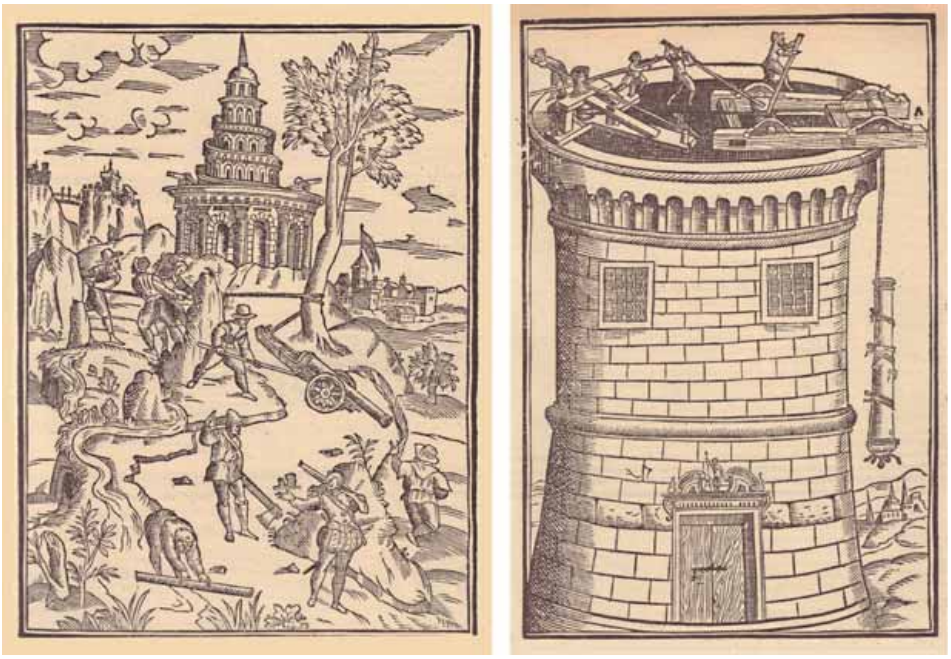
La política exterior española obligó a crear destacamentos en Milán, Cremona, Pavía, Mantua, Bugía, Orán, Argel, Ceuta y Melilla. Aquella enorme dispersión denunciaría la existencia de carencias en el material artillero de que disponía la Corona, que hubo que suplir en algunos casos con artillería particular. Conscientes los monarcas españoles del peligro en que se encontraban las islas y enclaves costeros frente a los ataques de piratas berberiscos y otomanos, y no pudiendo englobar todos aquellos puntos en el dispositivo general de defensa, implicaron a los concejos, que colaboraron costeando el material de artillería[4].

Aún subsistía en tiempos del emperador en manos de la nobleza alguna artillería, como lo atestiguan la media culebrina fechada en 1516 que en Sevilla pertenecía al marqués de Tarifa —hoy en el Museo del Ejército de Madrid—, o el sacre de 1517 propiedad del contador mayor de Castilla señor Fonseca; o la media culebrina de don Pedro Fajardo marqués de los Vélez, que exhibe en su primer cuerpo el blasón con el águila otorgado por los Reyes Católicos.

Organización de 1540 a 1555

La creciente implicación militar de España en las campañas europeas obligó a importar dotaciones de artillería de muy diversas procedencias, lo que competía al Capitán General de la Artillería, como manifiestan Luis Collado en su *Plática Manual* y Cristóbal Lechuga en su *Discurso*. Teniendo en cuenta que la jurisdicción de este Capitán General abarcaba España, Alemania, Flandes, Italia, islas y plazas africanas, coincidimos con Jorge Vigón en las enormes dificultades que debía de suponer disponer con anticipación de dotaciones, personal y medios de transporte con los que hacer llegar las armas a los puntos de destino.

[4] *Manual de Artillería*, año 1927, p. 851.



10.1. Traslado y emplazamiento de artillería. *L. Collado,* Platica manual de artillería *(Milán, 1592).*

Lo mismo se puede decir del artillado de las plazas, asunto siempre complicado por la escasez de medios, personal y dificultad de comunicaciones, lo que obligaba a enviar artillería de unas guarniciones a otras. La situación debió de mejorar algo a partir de 1550, una vez finalizada la guerra contra los luteranos, lo que permitió al emperador enviar a España 258 piezas del botín de guerra. Solo 106 estaban en condiciones de uso, mientras que las 152 restantes fueron destinadas a su fundición, en muchos casos por la aparición de grietas internas, «escarabajos»[5].

I.3. *La artillería de Felipe II*

La reestructuración de la artillería fue siempre tarea costosa debido al permanente estado de guerra, que obligaba a suplir las carencias trayendo y llevando cañones desde diferentes puntos.

Al respecto Vigón refiere cómo en la campaña de Argel de 1572 fue preciso reunir y transportar un ejército de 30.000 infantes, 4.000 gastadores, 600 caballos, 117 piezas de artillería, 220 artilleros, 60 gentileshombres, 100 picapedreros, 100 carpinteros, 300 mulas, 30 carros y 200 marineros... con lo que ello suponía «para embarcar y desembarcar la artillería y subirla y bajarla por las cuestas con ingenios». Las cifras

[5] J. Vigón: *Historia de la Artillería Española*, CSIC, Instituto Jerónimo Zurita, Madrid, 1947, p. 140.

10.2. Culebrina de hierro forjado, *de 2,5 pulgadas de calibre y sistema de retrocarga con cubilete y cuña.*

son elocuentes sobre la complejidad que suponía organizar y mandar semejante dispositivo bélico[6].

Hasta 1571, los artilleros ejercían su misión indistintamente en campaña, fortificaciones o navíos, pero en el reinado de Felipe II el incremento de la flota, los viajes trasatlánticos y la necesidad de defenderse frente a los barcos que atacaban las comunicaciones con América precisaron contar con gran número de artilleros navales. Aquella necesidad condujo en 1575 a la creación en Sevilla, en la Casa de Contratación, de una escuela de Artillería exclusivamente para la *carrera de Indias*. Desde ese momento, se excluyeron de las competencias del Capitán General de la Artillería lo tocante a la artillería marítima.

Aunque existían escuelas para artilleros en La Coruña, Lisboa, Gibraltar, Málaga y Cartagena, la dotación de aquellos centros debió ser tan exigua, y su formación tan mediocre, que el propio Capitán General de la Artillería solicitó al monarca en 1577 que se permitiera cursar estudios en la Casa de Contratación a otros aspirantes a artilleros para que «concurriendo en ellos las calidades necesarias para que cuando fuese preciso acrecentar y poner artillería en Cádiz, Gibraltar y Cartagena, por sus nuevas fortificaciones, y para los otros presidios de Berbería y de las Indias, de que hay tanta necesidad, hubiese recado bastante de artilleros españoles». Era el reconocimiento de una precariedad que había obligado a depender en buena parte de la contratación de artilleros extranjeros.

En dos siglos de predominio militar español, Milán fue el principal proveedor de artillería. Ello se atestigua en el Archivo General de Simancas con alusiones a la

6 *Ibidem*, pp. 146-147.

artillería fundida «para proveer los Estados de su Magestad». De allí salieron 735 piezas de artillería de trece clases diferentes. Junto con Nápoles utilizaba una tecnología que en nada envidiaba a la alemana.

II

Los tratados de artillería: manuscritos e impresos

La imprenta abasteció una creciente demanda de tratados sobre el arte de la guerra, artillería y fortificación en toda Europa, con el lanzamiento de ediciones traducidas que contribuyeron a divulgar aquellos conocimientos por todos los países. La relación existente entre artillería y fortificación hizo que en los tratados de artillería apareciesen apartados sobre fortificación, minas, fundición, etc., redactados con finalidad docente y complementados con grabados aclaratorios.

En 1537 se publicó la *Nuova Scientia* de Tartaglia, obra que muchos autores consideran iniciadora de la técnica artillera, pese a los errores que presenta, y que sirvió durante más de un siglo como fuente de conocimientos sobre la materia. El mismo autor publicó en 1546 *Quesiti et inventioni diverse*, donde daba respuestas a distintas cuestiones sobre movimientos de los cuerpos, la trayectoria, medidas de distancias y alturas, métodos de tiro y empleo de la escuadra, incluyendo algunas nociones de pirotecnia[7].

De mediados del siglo XVI son los manuscritos de Xandoval Espinosa, *Diálogo de Artillería* y de Hernando del Castillo, *Libro muy curioso y utilísimo de Artillería*, (h. 1560), conservado en la Biblioteca Nacional de Madrid.

En Méjico, en 1583, Diego García de Palacio, oidor de aquella Real Audiencia, publica sus *Diálogos Militares de la Formación e Información de personas, instrumentos y cosas necessarias para el buen uso de la guerra* (1583), donde se contiene un tratado (el tercero de los cuatro en que se estructura la obra) dedicado a la artillería, el primero impreso en castellano sobre el tema. El autor se excusa de escribir de cosas ajenas a su facultad, aunque alegando que «conoce sus secretos por el estudio».

En 1586, Luis Collado, natural de Lebrija e ingeniero del Ejército de Lombardía y Piamonte, publica su conocida *Prattica manuale*, obra denominada «chica» para diferenciarla de la que con justicia se considera más importante, la publicada en castellano en 1592 en Milán: *Plática Manual de Artillería en la qual tracta de la excelencia de el Arte Militar y orígen de ella...* En ella vierte sus amplios conocimientos en artillería, acreditados por sus muchos años de experiencia. Se propuso fijar las reglas y métodos en las aplicaciones de la pólvora a los subterráneos para la construcción de minas y contraminas, incluyendo cuestiones de fortificación.

[7] Vigón, *op. cit.*, tomo I, p. 336.

Del teniente de capitán general de la Artillería en Cataluña, Diego de Prado, existe en la Biblioteca Nacional de Madrid un ejemplar manuscrito fechado en 1599 titulado *Obra manual plática de la Artillería*, menos voluminosa que la de Collado y que, aunque más incorrecta, es también interesante[8].

De 1611 es la obra de Cristóbal de Lechuga *Discurso de la Artillería*. Artillero e ingeniero nacido en Baeza, teniente de general de la Artillería en los estados de Flandes y Milán, explica el trazado que deben tener las piezas, el barrenado, moldeo y fundición de las mismas, así como las labores de los grabados exteriores, las cureñas, carros, etc.

Otra obra importante es el *Tratado de Artillería* del capitán Diego de Ufano, publicada en Flandes en 1613. Reimpresa varias veces y traducida al francés y alemán, está dividida en tres partes. En la primera se hace referencia a la historia de la artillería, se describen los diferentes tipos de piezas, sus pesos, los de las balas, la cantidad de pólvora a emplear, la longitud en calibres, alcances y elevación máxima. Ufano realiza descripciones minuciosas del papel de cada sirviente, las formas de refrescar las piezas, etc.

De 1623 es el libro impreso de Martín Gastón de Isaba titulada *Tratado del exercicio y arte del artillero*.

Julio César Firrufino terminó en 1626 *El perfecto artillero*, obra que no vería la luz debido «a los grandes secretos que contenía», publicando sin embargo el mismo año su *Platica manual y breve compendio de Artillería*, así como un *Epítome de fundición* para el rey, a fin de que se utilizaran sus conocimientos pero sin que se divulgaran. En 1642 vio la luz *El perfecto artillero: teorica y platica*, donde trata de asuntos de técnica militar aplicable al más fácil manejo de la artillería, a la fortificación y a cosas tocantes a la milicia por mar y tierra.

Este apunte sobre tratadistas españoles constituye una visión esquemática de la importancia divulgativa que tuvieron los estudios sobre la artillería en la España renacentista.

III

Los primeros materiales de artillería (siglo xv)

Los materiales de artillería disponibles a finales del siglo xv estaban formados, en un buen porcentaje, por cañones antiguos de hierro batido o de metal salidos de talleres artesanales, que utilizaban técnicas de fabricación basadas en sistemas de forja de hierro sobre duelas, y en escasos ejemplos fundidos en bronce. Eran talleres donde no solo se fabricaba artillería, ni se atendían exclusivamente pedidos de la Corona, sino que cubrían demandas de todo tipo, como la fundición de campanas

8 *Ibidem*, p. 263.

para la Iglesia. La falta de normativas o directrices oficiales referidas a formas y dimensiones en los cañones provocó la existencia de diferentes prototipos con dimensiones y calibres diferentes, hecho que ocasionaba múltiples problemas, entre otros de índole logística y municionamiento.

Los Reyes Católicos fueron adaptando la artillería en apoyo de la infantería, y según su entidad o potencia de fuego fue denominada «gruesa» o «menuda». De mayor a menor, aparecen las bombardas, ribadoquines y falconetes, materiales que los tratadistas simplifican llamando «cañones grandes» a los dos primeros y «cañones chicos» al tercero.

No resulta fácil clasificar la gran cantidad de piezas distintas que se conocen de aquel primer período. En un intento de síntesis, nos referimos a las cinco más comunes.

Bombardas o lombardas. Son piezas compuestas de dos partes: una anterior, denominada *caña,* y otra posterior denominada *trompa, recámara, másculo* o *servidor*. Una vez colocada en ella la pólvora, se enchufaba a la primera y al tiempo se sujetaban ambas partes entre sí y al afuste por medio de cuerdas. De diversos calibres, eran unos materiales a veces gigantescos y por tanto muy pesados.

10.3. Pedrero (s. XV), mortero (s. XVI) y berraco (s. XVI). *Museo del Ejército, Madrid.*

10.4. Piezas de artillería de los siglos XV y XVI. *Museo del Ejército, Madrid.*

146. Falconete de hierro forjado*, calibre de 4 cm y ánima reforzada con duelas al que le falta la alcuza o segundo cuerpo. Ejemplar fundido en el siglo XV.*

997. Falconete de hierro forjado ***con recámara postiza en forma de alcuza.*** *De 5,1 cm de calibre y ánima de 72 cm de longitud. Se considera que fue fundido a finales del siglo XVI.*

3916. Sacre *de 8,2 cm de calibre y 311,5 de longitud, compuesto de dos cuerpos: el primero ochavado hasta superar los muñones, y troncocónico el segundo. La boca está reforzada por una greca en relieve. En la faja alta del primer cuerpo se pude leer:* Sijmoe gietir macte mij *(*Simón *[de Francfort]* fundidor me hizo*). Encima del fogón se halla grabada la siguiente inscripción:* Del Sr Fonseca, Contador Mayor de Castilla, Sr de las villas de Coca y Alaejos, anno de MDXVII.

3350. Medio cañón *de 14,5 cm de calibre por 221,3 cm de longitud (15 calibres). Fundido en Málaga, es de los denominados «sencillos y bastardos». Compuesto de tres cuerpos, la tosquedad de su exterior revela que la pieza no fue sometida al limado habitual. Su datación se estima a finales de la primera mitad del siglo XVI.*

6013. Ribadoquín «redondo» *de 4,8 cm de calibre por 170 cm de longitud de ánima (35 calibres), con cascabel cilíndrico. Arrojaba balas de hierro y plomo de una libra. Sus asas son de delfines y sus muñones carecen de contramuñones. Datado en la segunda mitad del siglo XVI.*

Pasavolantes. Aparecidas hacia 1469, eran unas variantes de las bombardas, de menores calibres (de 15 a 20 cm) y algo alargadas (14 a 16 calibres). A fines del siglo XV los pasavolantes decrecieron en calibre hasta 10 cm, mientras que crecieron en longitud hasta 60 calibres.

Cerbatanas. Aparecen a mediados del siglo XV. Eran piezas de pequeño calibre (2 a 7 cm) y gran longitud (hasta 40 calibres), viniendo a ser una precursora de la culebrina del siglo XVI.

Falconetes. Eran piezas ligeras y fácilmente transportables, de aspecto diferente a las anteriores. Tenían dos partes: la anterior o *caña* es un tubo que lleva unas muescas en los costados a través de las cuales se pasa una cuña de hierro destinada a sujetar la otra parte o *recámara*, que se enchufa en la caña. La caña lleva dos muñones a los que se sujeta la horquilla, que termina en una espiga que sirve para colocar el falconete en su montaje.

Ribadoquines. En la *Crónica de los Reyes Católicos*, Pulgar cita estas armas. De menor diámetro que la cerbatana, su longitud varía de 20 a 30 calibres. La diversidad de los mismos hace que se clasifiquen en tres grupos: grandes, medianos y pequeños.

A principios de la segunda mitad del siglo XV surge el *mortero* o *pedrero* como pieza corta y enteriza destinada al tiro curvo. La caña de los pedreros o morteros varía entre uno y tres calibres.

IV

La artillería del siglo XVI

IV.1. *Los primeros materiales de bronce*

A comienzos del siglo XVI comenzó a abandonarse el sistema de forja de hierro sobre duelas, sustituido por el de fundición de cañones. La simplificación que suponían los cañones de una sola pieza implicaba, sin embargo, una serie de problemas tecnológicos de fundición que se prolongarían hasta mediados del siglo XIX.

La composición estructural de los cañones en un solo cuerpo facilitó mucho las complejas operaciones de tiro de las bombardas, a lo que hay que añadir la mayor resistencia de los tubos, que permitían incrementar las cargas de proyección y consiguientemente los alcances.

Pese a todo, seguía siendo caótica la existencia de piezas de diferentes longitudes, espesor del cañón, calibre, peso e incluso denominación, algo que parecía dejado al albur de los fundidores. Remitiéndonos a lo que recoge José Aráztegui sobre las piezas de bronce en uso, tenemos las siguientes: «Serpentinos, coronas, águilas y pedreros; medios cañones pedreros, pelícanos, de Pizaño y de Manrique; tercios de cañón o terceroles salvajes; berracos, culebrinas, medias culebrinas, sacres, falconetes, basiliscos, versos, ribadoquines, esmeriles, sacabuches y morte-

retes»[9]. La referencia de tal cantidad de pintorescos nombres relativos a diferentes prototipos de artillería, es expresiva del dislate en que se hallaba sumido el arsenal artillero. Eran nombres que por otra parte, no eran reconocidos en otros territorios; sirva como ejemplo, la bombarda o lombarda, conocida así en Castilla y Aragón, y que sin embargo en Navarra recibía los nombres de caino, caynón, cano o cañón. Todo ello era consecuencia por una parte a la carencia de normativas reglamentarias, y por otra a la libertad con que actuaban los fundidores.

En lo que sí se puede convenir es que se había pasado de las toscas bombardas a unos tipos de cañones de broncíneas superficies, excelentes soportes para los cinceladores, que tallaron citas, alusiones o símbolos heráldicos, muy en consonancia con el espíritu del Renacimiento al hacer de unas máquinas de guerra acabadas obras artísticas. El primer cuerpo de los cañones suele acoger el escudo y nombre del monarca, mientras en la faja alta de la culata aparecen el nombre del fundidor, la ciudad y la fecha de fundición. En los muñones laterales se graban el peso en quintales y libras y la procedencia del cobre y estaño utilizados. La parte

10.5. Culata de media culebrina con cabeza de murciélago (s. XVI). *Museo del Ejército, Madrid.*

9 J. Aránteguí: *Apuntes históricos sobre la Artillería Española en la primera mitad del siglo XVI*, Madrid, 1891.

central del segundo cuerpo acoge generalmente alguna frase alusiva al cañón, y en ocasiones, en la parte superior del tercer cuerpo, una cartela individualiza la pieza mediante un nombre.

Los fundidores y cinceladores habían dejado atrás el anonimato, llegando a ser personajes cotizados que ponían en aquellas obras su impronta y prestigio personal. De este modo, por su calidad y esmero, los cañones renacentistas han llegado a ser en muchos de nuestros museos piezas artísticas singulares.

En el siglo XVI subsistieron durante algún tiempo algunas viejas bombardas, pasavolantes, cerbatanas, falconetes y ribadoquines del siglo XV, con la variedad de prototipos de las piezas del siglo XVI. Ello se debía principalmente a la dificultad de fabricación existente y a la necesidad urgente de completar trenes de sitio, circunstancias que obligaban a comprar piezas de la artillería antigua.

IV.2. *Cuestiones técnicas y balísticas en los nuevos materiales*

Fijar las características balísticas de aquellas piezas es moverse entre conjeturas, al ser aleatoria la cantidad, volumen y calidad de la carga de pólvora empleada en unos materiales salidos de las manos de fabricantes y fundidores particulares sin normativas industriales conocidas.

Los cálculos de los alcances se obtenían como media de múltiples ensayos; empíricamente se calculaban entre 2.454 y 4.088 pasos. El cálculo dependía de la diversidad de materiales, calidad de la pólvora, peso de los proyectiles, preparación del tiro, etc. Y también de las operaciones de carga y disparo, pues una serie de disparos ocasionaba un fuerte calentamiento en el arma, obligándola a permanecer inactiva un tiempo.

Si a ello se le añade la lenta velocidad de fuego (4 disparos por hora las más ligeras y 8 disparos en 24 horas las más gruesas), se deduce que para mantener unas razonables intervenciones de la artillería se exigía disponer de un considerable número de piezas para efectuar fuego alternativo[10].

IV.3. *Intento de regularización de los modelos de cañones*

Dada la gran cantidad de modelos y calibres existentes, en 1521 se dictaron normas para fijar dimensiones y características de los diversos tipos de cañones, según su empleo, pero no llegaron a plasmarse hasta 1540, al publicarse la primera ordenanza, luego imitada por otras potencias europeas. La limitación de prototipos a fundir se reducía a cañones de a 40 libras, medios cañones de a 24, culebrinas largas y cortas de a 12 y medianas de a 6, sacre de a 6 y algunos tipos de morteros.

A propuesta de Lechuga, Ufano y Sumarriba, Felipe II redujo, en otra ordenanza, los tipos de cañones a solo cuatro calibres; sin embargo, ni la primera ni la segunda ordenanza fueron respetadas en su integridad. Por ello resulta difícil clasificar las pie-

[10] *Ibidem*, pp. 263-277.

zas de bronce entonces en uso; Ramón de Salas[11], basándose en su empleo en el combate, las reduce a cuatro grupos: culebrinas, piezas menudas, cañones y morteros.

Las piezas características del siglo XVI que coexistieron con los cañones fueron las culebrinas. Junto a ellas estuvieron en uso piezas más cortas y de menor peso, como rebufos, crepantes, corcovados, berracos o basiliscos. El fin de culebrinas y de piezas menudas se produjo en el XVII, cuando fueron sustituidas por las armas portátiles de la infantería. El material de artillería permanecería sin variaciones sustanciales hasta el siglo XVIII. En el cuadro adjunto se reflejan las características de los cuatro grupos de artillería de bronce vigentes durante los siglos XVI y XVI.

Grupo	Pieza	Clase	Calibre		Longitud
			Cm	***Libras***	***(en calibres)***
CULEBRINAS					
	Doble culebrina o dragón		+ de 13	+ de 16	+ de 35
	Culebrina	Extraordinaria	16 a 13	30 a 16	35 a 30
		Legítima	16 a 13	30 a 16	30
		Bastarda	16 a 13	30 a 16	30 a 25
	Media culebrina	Extraordinaria	13 a 9	16 a 6	30 a 25
		Legítima	13 a 9	16 a 6	30
		Bastarda	13 a 9	16 a 6	30 a 25
	Sacre	Extraordinario	9 a 7	6 a 3	35 a 30
		Legítimo	9 a 7	6 a 3	30
		Bastardo	9 a 7	6 a 3	30 a 25
CAÑONES					
	Doble cañón		+de 19		
	Cañón	Extraordinario	19 a 15	56 a 24	25 a 20
		Legítimo	19 a 15	20 a 18	20 a 18
		Bastardo	19 a 15	56 a 24	18 a 15
	Medio cañón	Extraordinario	15 a 11	24 a 10	25 a 22
		Legítimo	15 a 11	24 a 10	22 a 20
		Bastardo	15 a 11	24 a 10	20 a 15
	Tercio de cañón		12 aprox.	12 aprox.	10
	Cuarto de cañón	Extraordinario	11 a 6	10 a 2	25 a 24
		Legítimo	11 a 6	10 a 2	24 a 22
		Bastardo	11 a 6	10 a 2	22 a 15

Hasta el siglo XVII, los morteros, que realizaban el tiro con ángulos entre 45 y 60 grados, presentan alcances muy aleatorios, al depender de la carga, la calidad de la

[11] Ramón SALAS: *Memorial Histórico de la Artillería Española,* Madrid, 1831.

10.6. Cañón montado en su cureña, midiendo la elevación con un cuadrante. *Hernán del Castillo,* Libro muy curioso y utilísimo de artillería*, h. 1560. Biblioteca Nacional, Madrid.*

pólvora, la situación del emplazamiento, y naturalmente de la experiencia de los servidores: Se obtuvieron alcances que pueden superar ampliamente los 2.500 metros.

Los morteros, en su condición de piezas de artillería específicas de corta longitud y gran calibre, aunque empleados en sus funciones habituales de grandes elevaciones de tiro se emplearon también para lanzar proyectiles huecos o incendiarios. Los morteros fundidos en bronce tenían asignadas misiones de sitio, plaza, costa o campaña. Los pedreros fundidos en bronce o hierro, de apariencia tan semejante a los morteros aunque de paredes menos reforzadas y mayor calibre, se empleaban para lanzar piedras y en ocasiones fuegos artificiales para iluminar o incendiar.

IV.4. *Aspectos técnicos: pólvoras, municiones y alcances*

El siglo XVI trajo la mejora del refino de los componentes de la pólvora y de los sistemas de fabricación. La denominada pólvora «floja» o «soberbia» se pudo empaquetar en cartuchos de papel o cuero, posibilitándose así mayores calidades y efectos, al permitir aumentar la cadencia de tiro de las piezas hasta 10 ó 15 disparos por hora.

En sus inicios, la artillería, debido a su pequeño alcance, se veía obligada a desplegar a gran proximidad del enemigo, tanto en los asedios como en la defensa de

fortificaciones, lo que explica que tuviesen calibres desproporcionados para obtener unos efectos más destructores. Hasta finales del siglo XV, las piezas de artillería fueron sumamente pesadas, lo que significaba un lastre excesivo a la hora de acompañar a los ejércitos y prestarles apoyo en batalla campal.

En la centuria siguiente se comenzó a fabricar armas más ligeras, de mayor longitud, menores calibres y, consiguientemente, de mayores alcances. La mayor longitud de los cañones posibilitó que los gases actuaran durante más tiempo sobre el proyectil imprimiéndole mayor velocidad inicial. Eso ocurrió con las piezas características del siglo XVI: las culebrinas, que presentaban una longitud de alrededor de 30 calibres y cuyos alcances eran ya de 8.000 pasos (equivalentes a 5.000 m). Podían así batir al enemigo situado a mayores distancias. Sin embargo, para batir contundentemente los muros de las fortificaciones se empleaban los cañones por su mayor potencia destructiva, si bien debido a sus menores alcances era preciso desplegarlos a menor distancia.

Durante algún tiempo continuaron usándose como municiones los antiguos bolaños de piedra, pero en el siglo XVI culebrinas y cañones utilizaban balas o pelotas de hierro colado previamente calentadas en hornillos especiales hasta alcanzar el rojo vivo, momento en el cual se lanzaban como proyectiles incendiarios. Los procedimientos en la preparación de las municiones tenían gran complejidad no exenta de peligros, como cuando eran envueltos en estopa e incendiados en el momento del disparo a modo de balas de iluminación. Se utilizaron también proyectiles cilíndricos huecos rellenados de plomo, pues al tener más peso se conseguía mayor poder destructor. No faltaron otros tipos de proyectiles y artificios de dudosa eficacia.

Contra objetivos navales se emplearon proyectiles destinados a provocar desgarros en las velas, ruptura de las jarcias y en definitiva la destrucción de su arboladura. Eran balas enlazadas con cadenas o palanquetas, que constituían una especie de barra terminada en dos gruesos apéndices. Se utilizaron también las denominadas «balas rojas», que en realidad eran balas corrientes calentadas al rojo vivo antes de cargarlas, para provocar el incendio de las naves. En este caso era preciso tomar muchas precauciones para evitar la transmisión del fuego a la carga y consiguientemente una explosión prematura[12].

Los morteros, por su parte, utilizaban bombas esféricas huecas rellenas de pólvora que, dotadas de una boquilla por la que se introducía la mecha o espoleta, conseguían efectos semejantes al de las granadas rompedoras.

IV.5. *Montajes y transportes de las piezas*

No era fácil transportar y mover por terrenos irregulares piezas tan pesadas; para facilitar su movilidad fueron diseñadas las *cureñas*, unos montajes que permitían adaptar en ellos cañones y culebrinas, y para los morteros y pedreros con igual

12 *Op. cit.* P. MORA PIRIS: *La Real Fundición...,* pp. 244-245.

función se dispusieron unos dispositivos llamados *afustes*, que fueron evolucionando a lo largo de los siglos XVI y XVII. Estos montajes eran construidos a base de madera de álamo blanco o negro y fresno, que, según especificaban los tratados, «ha de cortarse en menguante de la luna de enero y febrero».

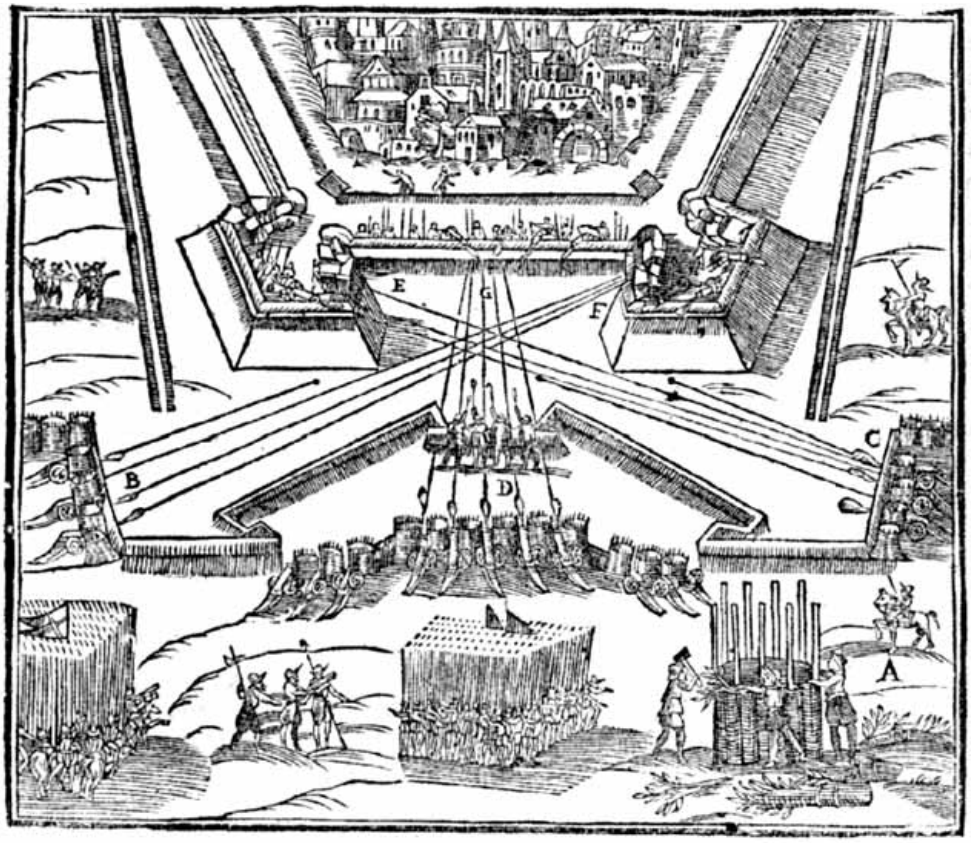
La cureña estaba formada por dos robustos bloques de madera paralelos dispuestos verticalmente denominados *gualderas*, que poseían unos rebajes denominados *muñoneras* para encastrar en ellos los muñones. El conjunto iba dotado de dos ruedas de radios para facilitar su movimiento.

Para su transporte, las gualderas tenían en su parte final un taladro para enganchar el *avantrén* o *carriño.* Por su parte, debido a su gran peso, el tubo de la pieza era transportado en un carromato enganchado a una limonera, para evitar que sufriera daño.

IV.6. *Procedimientos para hacer fuego*

Ufano, Collado y otros tratadistas informan de las operaciones realizadas hasta activar las piezas de artillería. Una vez efectuado un disparo, el artillero se aprestaba a desatascar el *fogón,* y a continuación a limpiar el interior o *ánima* del cañón introduciendo un escobillón seco; después tomaba el cargador o *cuchara* previamente llena de pólvora de un tonel o saco próximo a la pieza, y la introducía con su carga hasta la altura del fogón; después de girar el mango para depositar la pólvora se saca-

10.7. Culebrina fundida en bronce y decorada (s. XVI). *Museo del Ejército, Madrid.*



10.8. Plan de fuegos. *Luis Collado,* Platica manual de artillería *(Milán, 1592).*

ba la cuchara, evitando que pudiera caer cualquier residuo de pólvora al suelo. Tras estas operaciones, nuevamente se procedía a introducir por el ánima el *atacador* para arrastrar posibles partes de carga que hubieran quedado en el ánima, dando a continuación dos golpes para oprimir la carga de la recámara, mientras otro sirviente, introduciendo un dedo en el fogón, evitaba que rebosara parte de la carga.

Tras asegurarse que la carga estaba bien apretada, nuevamente se introducía por el ánima un taco de trapo o paja que debía entrar muy apretado para arrastrar los granos que hubieran quedado, para lo cual había que dar fuertes golpes para comprimir más la pólvora. Acto seguido se limpiaba el proyectil de posibles adherencias y se introducía en la pieza teniendo la precaución de colocarse en un costado, nunca delante de la boca de fuego.

Era el momento de dar fuego, apartándose inmediatamente diez pasos de la pieza para precaverse ante un posible disparo anormal. Tras el disparo, la pieza se recalentaba, y para refrescarla, según Ufano, se utilizaba un escobillón mojado en

agua o en una mezcla de agua y vinagre; otros autores recomendaban la aplicación de pieles de carnero mojadas.

La cantidad de pólvora que se empleaba se evaluaba en relación al peso en libras del proyectil, considerándose que debía de ser la mitad del peso de aquel, teniendo en cuenta que inmediatamente después de lavar la pieza, era preciso aumentar aquella proporción hasta los dos tercios del peso del proyectil, por considerarse que perdía la pólvora mucha de su fuerza al enfriarse la pieza.

IV.7. *Operaciones balísticas*

La puntería a distancias reducidas se hacía dirigiendo el eje de la pieza sobre el objetivo, es decir, por la línea de tiro natural marcada por las señales existentes en la culata y el brocal, y en el caso de grandes distancias, tanto para cañones como para los tiros curvos con mortero, se introducían las elevaciones correspondientes utilizando el *cuadrante* o *cuarto de círculo.*

A pequeñas distancias, se consideraba que el proyectil recorría la parte recta de la trayectoria de Tartaglia. Dicha trayectoria se componía de tres partes: una línea recta debida al «movimiento violento» con que se impulsaba el proyectil; a continuación, al disminuir dicho impulso inicial, la trayectoria adoptaba forma de arco de círculo, para pasar a caer el proyectil abandonado al «movimiento natural»; es de suponer que la precisión del tiro no debía de ser grande[13].

Cuando las piezas tiraban a grandes distancias, se utilizaba el *cuadrante* para introducir la elevación precisa. El cuadrante, dividido naturalmente de 0 a 90°, constaba de una plomada en su vértice, teniendo uno de sus lados de mayor longitud a fin de introducirlo por la boca del cañón apoyado en la generatriz del ánima, momento en el cual la plomada marcaba en su caída el ángulo a introducir. Según Ufano, otro aparato muy útil consistía en un visor circular graduado, desde el que se dirigía una visual a la parte superior de un objeto del que se conocía su altura y su distancia a la pieza, prolongándola a la parte superior del objetivo torre o cortina. De esta forma, la proporcionalidad de los dos triángulos rectángulos semejantes, aportaban la distancia a que se encontraba el objetivo.

La corrección del tiro, lo mismo en alcance que en dirección, se conseguía rectificando la puntería, variaciones un tanto arbitrarias basadas en la observación de los impactos.

En cuanto a la rapidez de tiro, es cierto que se había avanzado desde las antiguas bombardas, debido a la fundición de cañones de recámara cerrada y a la adecuación de los mismos a los montajes de ruedas, que permitían mayor movilidad y facilitaban los cambios de asentamiento. Con cada una de las enormes bombardas a veces solo se conseguía realizar un disparo por día, pese a que los franceses decían que podían hacer 80 ó 90 con su nueva artillería. Lechuga en su *Discurso* manifiesta

[13] D. Montañá Jou: *600 años de artillería*, Seix Barral, Barcelona, 1942, p. 30.

que si no se refrescaba a menudo la pieza podía reventar o encenderse la pólvora, y si se la refrescaba mucho no podría pasarse de cinco o seis disparos por hora, aunque afirmaba también que con la «artillería no real», es decir, la más pequeña, podía llegarse a efectuar 150 disparos.

Bibliografía

Cámara Muñoz, Alicia: «Modelos del Viejo Mundo en las primeras fortificaciones de Indias», *Reales Sitios*, año XIX, n.º 113.

Collado, Luis: *Platica Manual de Artillería*, Milán, 1592.

De Agar, Luis: *Diccionario ilustrado de los pertrechos de guerra y demás efectos,* Madrid, 1866.

De la Llave y García, Joaquín: *Lecciones de Fortificación*, Imprenta del Memorial de Ingenieros, Madrid, 1898.

Fernández de Medrano, Sebastián: *El Architecto perfecto en el Arte Militar*, Bruselas, 1700.

Hernando Sánchez, Carlos J. (coord.): *Las fortificaciones de Carlos V*, Sociedad Amigos de los Castillos/Ministerio de Defensa/Ediciones el Umbral, Madrid, 2000.

Ladero Quesada, Miguel: *La Guerra de Granada (1482-1491)*, Diputación de Granada, 2001.

Lechuga, Cristóbal: *Discurso del Capitán...en que se trata de la Artillería y de todo lo necesario a ello, con un tratado de fortificación y otros advertimientos*, Milán, 1611.

Manuales de Artillería (extensa colección de temática, técnica y profesional editada desde hace más de 200 años).

Mora Figueroa, Luis: *Glosario de Arquitectura Defensiva Medieval*, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cádiz, Cádiz, 1994.

Mora Piris, Pedro: *La Real Fundición de Bronces de Sevilla (siglos XVI a XVIII)*, Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla, Sevilla, 1994.

Vigón, Jorge: *Historia de la Artillería Española*, CSIC, Madrid, 1947.

VV. AA.: «El Emperador Carlos V y su tiempo», *IX Jornadas Nacionales de Historia Militar,* Sevilla, 24-28 de mayo de 1999, Cátedra «General Castaños», Sevilla, 2000.

VV. AA.: *Al pie de los cañones. La Artillería española*, Tabapress, Madrid, 1993.

VV. AA.: «Síntesis histórica de la fortificación abaluartada», *Revista de Historia Militar*, año VII, n.º 13, 1963. Servicio Histórico Militar, Madrid.

11
Teoría y práctica en los tratados de artillería

Mariano Esteban Piñeiro
Universidad de Valladolid

En los ciento cincuenta años que van desde las últimas décadas del siglo XV hasta las primeras del seiscientos, la artillería pasa de ser casi una anécdota en las confrontaciones bélicas a constituir un elemento esencial en las batallas, tanto desde el punto ofensivo como defensivo, tanto en la lucha en tierra como en el mar.

El inicio del siglo XVI coincide con el final de la artillería de hierro forjado, que había caracterizado al cuatrocientos, con la aparición de la artillería de bronce y con la utilización sistemática de minas explosivas. Estas dos novedades supusieron una auténtica revolución en las artes y técnicas de la guerra, especialmente en la arquitectura militar y en la propia estructura de los ejércitos.

La feliz utilización por el Gran Capitán de la artillería y las minas en la campaña de Nápoles, especialmente en las voladuras de los castillos napolitanos por el ingeniero militar Pedro Navarro en 1503, fue el inicio del prestigio de la artillería española en Europa, prestigio que se mantuvo durante todo el período en estudio y que comenzó su ocaso especialmente con la derrota naval española frente a los holandeses en la llamada batalla de las Dunas (1639), debida en esencia a una menor eficacia de la artillería española y a un deficiente aprovisionamiento de la pólvora necesaria.

La hegemonía militar española se sustentó fundamentalmente, tanto en Italia como en los Países Bajos, en una eficaz utilización de la artillería y en una arquitectura militar innovadora y fuertemente relacionada con el progreso de aquella.

Pero, como idea básica, hay que aclarar que esos avances fueron esencialmente fruto de la experiencia obtenida en tantas batallas como sucedieron en este período. Las mejoras en la fundición de las piezas, en la fabricación de la pólvora y en el transporte y manejo de las piezas no fueron consecuencia de los progresos en los conocimientos teóricos sobre fundición, ni sobre la química de la combustión ni, mucho menos, de los relacionados con el movimiento de los proyectiles. En todos estos campos evidentemente hubo grandes avances teóricos, pero estuvieron siempre muy alejados del quehacer castrense y, en la mayoría de las ocasiones, fueron consecuencia de los intentos de explicar lo que la práctica había enseñado.

Consecuencia lógica de esta creciente presencia de la artillería fue la necesidad de contar con un alto número de «artilleros» y de especialistas en las distintas técnicas relacionadas con la artillería. Y la formación de esos técnicos fue continuo objeto de debate durante todo ese tiempo: por un lado, los que defendían que esa formación debía adquirirse en los propios ejércitos y la experiencia conseguirla en campaña. Otra posición, defendida mayormente por cortesanos, era la de la enseñanza en academias creadas al efecto en determinadas guarniciones, castillos y fundiciones. Como se ha visto en el capítulo 5 de este mismo volumen, «Instituciones para la formación de los técnicos», las academias de artillería tuvieron su mayor actividad en las últimas décadas del siglo XVI, pero sin ser la fuente principal de los artilleros que sirvieron en los ejércitos.

Con el fin principalmente de ayudar a esa formación se elaboraron a lo largo de este período un número relativamente alto de tratados sobre artillería, además de otros más generales sobre arte militar. La mayor parte de aquellos tenían como objeto proporcionar los conocimientos «útiles» al artillero en el desempeño de sus funciones. Por tanto, su enfoque era esencialmente práctico, entrando muy escasamente en cuestiones teóricas. Casi siempre que esto se hacía obedecía más al interés del autor por demostrar conocimientos «matemáticos» que por considerar realmente necesaria esa aportación, actitud que era más frecuente cuando el autor no era estrictamente un «hombre de guerra».

Por este motivo, no debe buscarse en los tratados de artillería de esta época, españoles o del resto de Europa, información sobre el nivel de los conocimientos teóricos de su autor, ni del país al que este pertenezca. Los avances teóricos se encuentran en obras de carácter más general, casi siempre en tratados de geometría, y escritos por personas no estrechamente vinculadas a la milicia.

I

Lo que debe saber un artillero

Con frecuencia, los tratados de artillería de los siglos XVI y XVII dedican las primeras páginas a resumir el contenido, justificándolo con títulos como «Lo que debe saber un artillero», pues una vez aclarado esto, su desarrollo, más o menos amplio, sería el total de la obra.

Como ejemplo ilustrativo, y que servirá de referencia en el resto del trabajo, se recoge lo que aparece en el último de los tratados españoles de artillería publicados antes de concluir nuestro período en estudio, *Plática manual y breve compendio de Artillería* (Madrid, 1626), por Julio César Firrufino, catedrático de Matemáticas y Fortificación[1] del Consejo de Guerra y dedicada al marqués de la Hinojosa, capitán

[1] Sobre esta cátedra ver M. I. Vicente Maroto y M. Esteban Piñeiro, 2006.

general de la Artillería de España. Ampliada, volvió a editarse en 1642 bajo el título de *El Perfeto artillero. Theorica y Practica*[2], estando ahora dedicada al Marqués de Leganés, el nuevo Capitán General de la Artillería de España. Según parece, la intención del autor fue la de publicar una obra más extensa ya de inicios, en 1626, pero el Consejo de Guerra desaconsejó al rey la concesión de la licencia de impresión, por considerar que revelaba detalles de interés estratégico. Tanto en la *Plática* como en el *Perfeto Artillero,* Firrufino dedica los primeros capítulos a los conocimientos esenciales que debe tener un artillero para cumplir bien su oficio, que podríamos resumir así: saber elaborar adecuadamente las distintas clases de pólvora, distinguir con claridad los diferentes tipos de piezas y reconocer su estado, construir y manejar el conjunto de instrumentos necesarios para cargar y limpiar las piezas y conocer cómo hay que utilizar los instrumentos geométricos que se emplean para conseguir tiros adecuados según la pieza que dispara.

Junto a estos conocimientos esenciales, el artillero debe saber construir las cucharas con las que alimentar a las distintas piezas, las defensas (cestones) con que protegerlas, el montaje de madera (cureña) en que van encabalgadas y los «carriños» y carromatos en que se van a transportar. Además debe conocer cómo preparar el terreno para que la batería esté adecuadamente emplazada. Pero, para tener una más exacta información sobre todos esos saberes necesarios al artillero, leamos directamente a Firrufino, epítome de los grandes tratados de artillería renacentistas:

> [el artillero] tiene necesidad de saber reconocer y hacer distinción de la pólvora fina a la ordinaria [...] debe saber conocer y reconocer la bondad y seguridad de las piezas, [...] Deben saber la fábrica y composición de los cestones [...] Deben saber reconocer la bondad que ha de tener la cuerda que ha de servir para dar fuego a sus piezas, y saberlas hacer. Deben saber como cosa esencial cortar las Cucharas y Cartuchos para cargar con razón sus piezas, saber escuadrar las láminas de cobre [...] Deben asimismo hacer distinción de los géneros de piezas [...] Deben saber buscar el viuo a una pieza para saber tirar con él, y saberle repartir, y la diferencia que hay en el tirar por el raso del ánima y raso de los metales y demás tiros, y en qué manera se buscarán las joyas y se pondrán los puntos a una pieza, y saber las causas que después de estar perfectamente apuntadas hace el tiro descompuesto. Han de saber, como cosa principal en este ministerio, cómo se ha de tirar en la mar, y como las piezas que del mucho tirar se ponen calientes y peligrosas de reventar cómo se hayan de refrescar [...] Deben saber con qué cantidad de pólvora se cargarán las piezas [...] Deben saber asimismo reconocer el encabalgamiento y si el en que está situada la pieza está con la proporción que le pertenece, así para en campaña como para la mar; conviene sepan dar el viento a las balas que han de servir a sus piezas de forma que ni entren muy holgadas ni muy apretadas [...] Debe saber hacer el cálibo, y examinarle para saber si el que lo formó lo hizo con debida proporción, así para balas de hierro, plomo y piedra. La escuadra, principal instrumento para el uso de la artillería, la debe saber hacer y examinar [...]. Debe saber hacer el nivel, y graduarle, y de qué sirve para el uso de la artillería. Saber formar

[2] La Academia de Artillería reeditó esta obra en 1989.

> el cuadrante, y cuadrado geométrico, con la graduación que usan los geómetras [...] Conviene sepa medir una distancia, sea horizontal y diametral, porque mediante ella, y lo que cada pieza tirare en cada grado o punto de escuadra que fuere elevada, pueda dar razón si sus baterías serán de efecto; de cuyas advertencias, y otras muchas, se tendrá con claridad y distinción entera noticia en este nuestro tratado.

Los últimos párrafos, como vemos, están dedicados a los instrumentos matemáticos que debe utilizar el artillero, pero en un capítulo posterior, «Los Instrumentos precisamente necesarios que ha de traer en su estuche el Artillero para las operaciones artilleras», precisa que son catorce:

> Catorce son los principales instrumentos de que siempre ha de andar acompañado el Artillero para perfecta y diligentemente poner en práctica la Theórica de este Arte. Primeramente, una Escuadra para dar a cada pieza su elevación o saber en la que estuviere; un Nivel para situar los puntos en las piezas y conocer las joyas, y a falta de la Escuadra saber su elevación, una Aguja de punta vuelta a manera de garabatillo para reconocer los metales, y saber si una pieza es Encampanada, Seguida y de Releje; una Aguja de punta de diamante para por el fogón hacer camino a la pólvora con que se ceba hasta que llegue a la de adentro; otra de punta aguda, que sirve para reconocer si las piezas están cargadas; una Aguja que en la punta tenga barrena, para abrir la pólvora del fogón que estuviere endurecida; una Esgubia para sacar por el fogón la pólvora perdida que en él estuviere; un Compás de puntas derechas para tomar el diámetro o hueco de la pieza para la mesuración de los metales. Otro Compás de puntas vueltas para tomar el grueso de la pieza y bala, y asimismo para saber precisamente buscar el viuo a una pieza; un Cálibo en que estén señalados los diámetros y peso de las balas de hierro, piedra y plomo, desde una libra a ciento; un Butafuego con dos serpentines con su cuerda, un Frasco con pólvora fina para cebar los fogones de las piezas.

Todavía en la lección IV de la *Plática* y en el correspondiente capítulo V del *Perfeto Artillero* incide en «Los principales fundamentos en que consiste ser uno buen artillero», en los que precisa tres conocimientos que debe poseer quien quiera dominar este arte:

> El primero es saber conocer y reconocer la pieza con que hubiere de tirar. Digo «conocer» teniendo respeto al género y «reconocer» en cuanto a la proporción de sus metales. El segundo, saber la potencia de la pieza, o más comúnmente hablando, todo su mayor alcance en el plano del horizonte, en cualquier grado y punto de su elevación, considerada la pieza en su encabalgamiento. Lo tercero, la distancia que hubiere desde la pieza al lugar donde se pretendiere alcanzar.

En relación al término «conocer» las piezas, se aprecia su dificultad cuando se comprueba la gran variedad existente entonces, pues, aunque Firrufino las clasifica solo en tres géneros, culebrinas, cañones y pedreros, enumera un gran número de tipos y subtipos. Así, por ejemplo, en el género culebrina: medias culebrinas sencillas y reforzadas, culebrinas, falconetes sencillos y reforzados, sacres sencillos y reforzados. Además podían ser tanto las culebrinas como las medias culebrinas legítimas o bastardas. Las diferencias entre todas ellas radicaban en las longitudes y en los cálibos

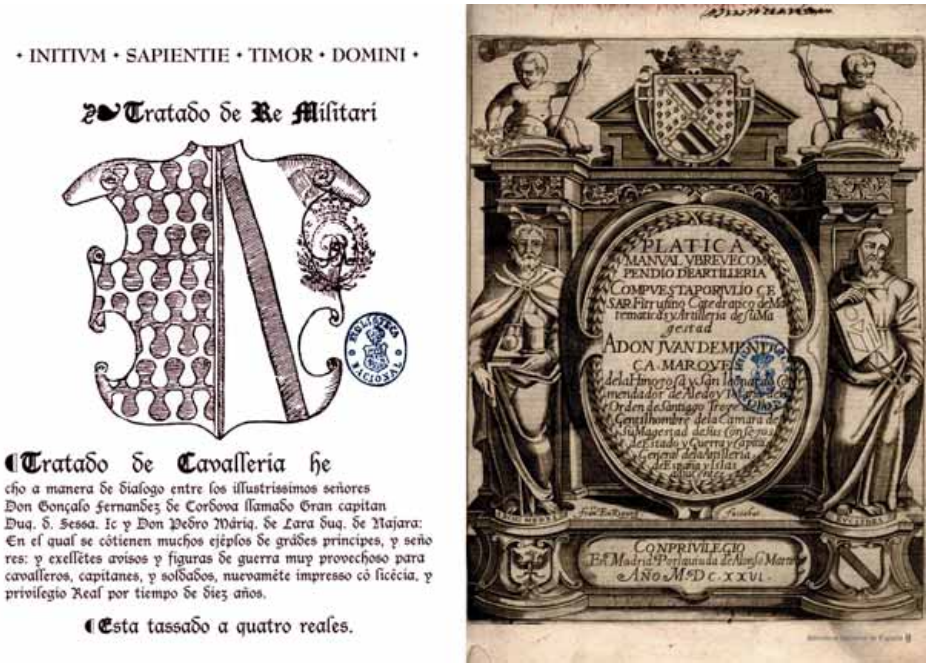
o diámetros de boca. Como más adelante veremos, desde finales del siglo XVI se intentó limitar ese número y dejar únicamente unos pocos tipos de piezas, cada una con una especificidad propia.

Para facilitar la comprensión del artillero en lo que se refiere tanto al alcance de cada pieza en función del ángulo de elevación respecto a la horizontal, como al de la determinación de la distancia del blanco, problemas entonces estrictamente geométricos, Firrufino añade unos capítulos en los que recoge los conceptos y reglas geométricas básicas y necesarias en la *Plática,* mientras que en el *Perfeto Artillero* incorpora al final un auténtico tratado, *Fragmentos Mathematicos,* en el que profundiza y amplia más, indicando expresamente que el nivel de la obra excede ampliamente al que debe poseer en materia geométrica un artillero.

La personalidad de Firrufino corresponde a lo que se podría llamar «ingeniero-cortesano». Había vivido en la corte desde niño, pues su padre, Julián Ferrofino, sirvió en ella como ingeniero y catedrático de diversas academias, entre ellas la de Matemáticas y Cosmografía de Palacio. No fue un hombre de milicia, y eso se refleja perfectamente en sus obras, al dar a los aspectos teóricos una relevancia mayor que la que comúnmente se halla en los tratados escritos por autores más relacionados con el ejército. Por este motivo, recogió las teorías sobre el movimiento de los proyectiles de Tartaglia y las críticas que a ellas hizo Álava y Viamont, aunque —quizás porque ni unas ni otras le satisfacían— las tablas que incorpora en el texto con los alcances de los proyectiles están confeccionadas fundamentalmente con los datos extraídos de la práctica y sacados de los tratados escritos pocos años antes por hombres muy vinculados al uso de la artillería en campaña, como Luis Collado, Cristóbal Lechuga y Diego Ufano. De esos mismos tratados obtuvo Firrufino[3] la mayor parte de los contenidos de los temas más prácticos, aunque incorporando algunas novedades ideadas por él mismo, como un compás que proporcionaba directamente el peso de una bala al medir su diámetro, según fuera de hierro, piedra o plomo. Otro instrumento de su invención era un «compás» que midiendo el diámetro de una pieza facilitaba los valores adecuados de los diámetros de la bala, de la cuchara y de la cantidad de la carga de pólvora.

En el mismo año, 1626, en que se publica la *Plática* de Firrufino sale a la luz en Venecia *Il perfetto bombardiero* del ingeniero de la República Veneciana Eugenio Gentilini, obra muy citada por la bibliografía especializada europea pero de menor nivel que la del ingeniero español. Sus 250 páginas, por tanto de extensión interme-

[3] Otra de las fuentes que utiliza es la redactada por su padre Julián Ferrofino en 1599, *Descripción y tratado muy breve y lo más probechoso de artillería,* que no obtuvo permiso real para imprimirse, por considerarse que revelaba datos de valor estratégico, y que se encuentra manuscrita en la Biblioteca Nacional (Ms. 9027). Julio César Firrufino escribió también un *Epítome de fundición,* utilizando materiales de su padre, que fue enviado en 1638 al Archivo del Rey al prohibirse su publicación por los mismos motivos.



11.1. Alfa y omega de la tratadística hispana comentada: *(1) Diego Salazar:* Tratado de Re Militari..., *1536; (2) Julio César Firrufino:* Plática manual y breve compendio de Artillería, *1626. (Más tardío, del mismo autor:* El perfecto artillero, *1642).*

dia a las dos publicaciones de Firrufino, recogen en esencia su mismo contenido, pero con enfoque más práctico, deteniéndose muy poco en los fundamentos geométricos de los procedimientos utilizados, lo que justifica el autor en el prólogo al resaltar que el tratado va dirigido a los aspirantes a artilleros del Arsenal de la República.

Las obras de Firrufino, especialmente el *Perfeto Artillero,* han sido citadas durante muchos años en la historiografía española como las máximas y mejores exponentes del nivel de los conocimientos españoles en el Renacimiento español sobre la artillería en general y sobre aspectos más concretos, como el de la dinámica de los proyectiles. La razón fundamental de esto radica, más que en su innegable calidad, en que fue aludida y comentada por Juan Vicente Tosca en dos publicaciones, que tuvieron una importancia capital en la introducción de la ciencia moderna en España, *Compendio mathematico* y *Compendium Philosophicum*[4]. Como por desgracia ha

[4] La primera salió a la luz en Valencia en 1715 y la segunda en 1721 en la misma ciudad. Ambas obras tuvieron varias reediciones, destacando la realizada por Mayans y Císcar del *Compendium* en 1754.

OBRAS ESPAÑOLAS DE ARTILLERÍA COMENTADAS
(CON REFERENCIA DE SUS EDICIONES)

Diego Salazar: *Tratado de Re Militari. Tratado de Caballería hecho a manera de diálogo que pasó entre los ilustres señores D. Gonzalo Fernández de Córdoba llamado Gran Capitán y D. Pedro Manrique de Lara,* Miguel de Eguía, Alcalá de Henares, 1536; (Roger Velpius, Bruselas, 1590; *Diego de Salazar. Tratado De Re Militari,* Ministerio de Defensa, Madrid, 2000).

Juan Fernández de Espinosa: *Libro del Arte Militar para lo tocante al Artillería, y lo demás necesario para la guerra y batería de algún fuerte,* h. 1560, B.N., Ms. 7479.

Diego García de Palacio: *Diálogos Militares,* Pedro de Ocharte, Méjico, 1583 (Ministerio de Defensa, Madrid, 2003).

Luis Collado de Lebrija: *Prattica Manuale dell'artigleria,* Pietro Dusinelli, Venecia, 1586.

Diego de Álava y Viamont: *El Perfeto Capitán, instruido en la Disciplina Militar, y nueva ciencia de Artillería,* Pedro Madrigal, Madrid, 1590 (Ministerio de Defensa, Madrid, 1991).

Diego de Prado: *Obra manual de la Artillería,* 1591, B.N., Ms. 9024.

Luis Collado de Lebrija: *Plática Manual de Artillería,* Gotardo Poncio, Milán, 1592 (En 1606 los impresores milaneses Gordoni y Locarni sacaron a la luz una traducción al italiano, *Prattica Manuale dell'artigleria;* se reeditó por F. Ghisolfi, Milán, 1641).

Espinel de Alvarado: *Alvaradina, la qual contiene en sí muchos mui necesarios avisos de las cosas tocantes al Artillería,* 1595, B.N., Ms. 8895.

Lázaro de Isla: *Breve tratado de la Artillería y fábrica della y instrumentos de fuego,* Vda. de P. Madrigal, Madrid, 1595 (Imprenta de Luís Sánchez, Valladolid, 1603; Imp. Vicente Álvarez, Lisboa, 1609).

Andrés García de Céspedes: *Libro de instrumentos nuevos de Geometría,* Juan de la Cuesta, Madrid, 1606.

Cristóbal de Lechuga: *Discurso del Capitán Cristóbal Lechuga, en que trata de la Artillería y de todo lo necessario a ella con un tratado de fortificación y otros advertimientos,* M. I. Malatesta, Milán, 1611 (*Cristóbal Lechuga, Tratado de la Artillería y de Fortificación,* Ministerio de Defensa, Madrid, 1991).

Diego Ufano: *Tratado de la Artillería y uso della platicado por el capitán Diego Ufano en las Guerras de Flandes,* Juan de Momarte, Bruselas, 1612 (Juan de Momarte, Bruselas, 1613; Juan de Momarte, Bruselas, 1617).

— *Instruction de l'Artillerie,* E. Emmelun, Frankfurt sur le Mein, 1614 (Paul Iacobi, Francfort sur le Mein, 1617 ; A. D'Aelst, Zütphen, 1621).

— *Archeley : das ist Grundlicher und eygentlicher Bericht von Geschutz und aller Zugehor nach eygener Erfahrung in den Nieder landischen Kriegen in Hispanischer Sprach...,* E. Emmelun, Frankfurt sur le Mein, 1614 (A. Ianson, Zütphen, 1620; E. Kempffer, Frankfurt, 1621; Janson, Zütphen, 1630).

— *Artilleria ou vraie instruction de l'artillerie et de ses appartenances... de nouveau traduit en langue Françoise,* Chez Berthelin, Rouen, 1628.

— *Gunner's Intruction of D. Ufano,* Londres, 1646 (Book III of the *Military & Maritime Discipline in three books,* Tyler, Londres, 1672).

Julio César Firrufino: *Plática manual y breve compendio de Artillería,* Vda. de Alonso Martín, Madrid, 1626; (Academia de Artillería, Madrid, 1989).

— *El Perfeto artillero. Theorica y Practica,* Juan de Barros, Madrid, 1642.

sucedido con frecuencia en nuestro país, durante muchas décadas los historiadores se han limitado a citar a Tosca, con lo que muchos otros tratados de artillería, y no de menor calidad precisamente, han permanecido prácticamente desconocidos hasta que los trabajos de Vicente de los Ríos, Almirante, Arantegui y Vigón[5] han permitido recuperarlos.

Desde 1536, fecha de aparición del primer tratado español conocido sobre «arte militar» con presencia relevante de la artillería, hasta la publicación de la *Plática* de Firrufino en 1626 pueden reseñarse al menos diez tratados españoles, algunos de los cuales deben ser considerados como los más innovadores y más completos de todos los que se publicaron en Europa en el período que se considera.

También es preciso aclarar que el conjunto de conocimientos, «lo que debe saber el artillero», tema central de todos los tratados de artillería, fue incrementándose tanto en amplitud como en profundidad desde los inicios del siglo XVI hasta aparecer con la extensión recogida en la *Plática* de Firrufino, a medida que la propia técnica artillera iba desarrollándose en todos sus aspectos —fundición y metalurgia, diseño de las piezas, elaboración de la pólvora, monturas y transporte, etc.- y también a medida que la geometría y sus instrumentos se fueron incorporando a los métodos de la práctica de tiro.

En los siguientes apartados se examina, siguiendo un orden cronológico, cómo fueron progresando los conocimientos sobre artillería y cómo este desarrollo se fue recogiendo en los sucesivos tratados que iban saliendo a la luz.

II

Las primeras obras de artillería. Diego de Salazar

Durante la primera mitad del siglo XVI no consta la existencia de ninguna obra española sobre artillería, aunque sí tienen interés algunos aspectos relacionados con ella contenidos en el primer tratado militar de autor español del que se tiene noticia. Nos estamos refiriendo al *Tratado de Caballería hecho a manera de diálogo que pasó entre los ilustres señores D. Gonzalo Fernández de Córdoba llamado Gran Capitán y D. Pedro Manrique de Lara, en el cual se contienen muchos ejemplos de grandes Príncipes y Señores, y excelentes avisos y figuras de guerra muy provechoso para caballeros, capitanes y soldados, nuevamente impreso con licencia y privilegio Real.*

---

[5] V. De los Ríos: *Discurso sobre los ilustres autores e inventores de Artillería que han florecido en España desde los Reyes Católicos hasta el presente,* Memoria VI del tomo IV de la Real Academia de la Historia, Madrid, 1802; J. Almirante: *Bibliografía militar de España,* Madrid, Imp. M. Tello, 1876; J. Aránteguí y Sanz: *Apuntes históricos sobre la Artillería española en los siglos XIV y XV,* Madrid, 1887, y *Apuntes históricos sobre la Artillería española en el siglo XVI,* Madrid, 1891; J. Vigón: *Historia de la Artillería Española,* 3 vols., Madrid, CSIC, 1947.

La edición fue realizada por el conocido impresor de Alcalá de Henares Miguel de Eguía y vio la luz en 1536, aunque, como puede leerse en el título, debió de haber una edición anterior de la que no quedan otras noticias. El autor, Diego Salazar, fue un militar al servicio de la casa de Lara, que combatió con el Gran Capitán en Italia alcanzando el nombramiento de capitán.

El tratado, como indica el título, se configura como un diálogo desarrollado en el jardín del Palacio de los Lara en Burgos entre don Pedro Manrique de Lara y el Gran Capitán sobre temas militares, especialmente sobre las campañas de Italia. La obra no es muy extensa, 66 folios, contiene nueve figuras, ocho de las cuales muestran diferentes disposiciones de ejército y de las piezas de artillería para la batalla. La novena muestra la estructura de un campamento temporal de las tropas, a la manera de los campamentos romanos, pero protegido en su perímetro con baterías de piezas artilleras. Son posiblemente las primeras impresas en España con motivos de artillería.

El ámbito que se recoge en la obra es amplio: la organización, la constitución de los mandos superiores y subalternos, el armamento, las formaciones fundamentales, las evoluciones, los órdenes de marcha, los ejercicios de educación física, la constitución de reservas, el orden de batalla, la proporción de la artillería conveniente, la necesidad de gastadores y los trabajos de fortificación.

Salazar pone en boca del Gran Capitán razonamientos muy atinados, fruto de su experiencia, sobre temas relacionados con la intendencia militar y con la estrategia. Merece resaltarse que estos comentarios están reproducidos también en las *Crónicas del Gran Capitán*. Parece, por lo tanto, que uno de los objetivos de este tratado es recoger y trasmitir las opiniones y las enseñanzas de Gonzalo Fernández de Córdoba. En lo que respecta a la artillería, resulta muy interesante la idea de que un ejército, semejante al que llevó en las campañas de Italia, necesitaba tan solo diez cañones para su subsistencia. Este planteamiento en principio parece que es realista, pues se sabe que el ejército que combatió en Ceriñola, según la *Crónica,* solo transportó desde España cuatro cañones y diez gerifaltes. A pesar de este dato, la artillería efectivamente empleada fue bastante superior puesto que, como empezaba a ser habitual, los ejércitos nutrían sus trenes de artillería con las piezas requisadas al enemigo. En este caso concreto, consta que don Gonzalo de Córdoba había arrebatado a los franceses varios cañones, una culebrina y ocho falconetes. Con todo este armamento, con otros tres cañones y una culebrina que tenía el marqués del Vasto en Ischia y con otras seis o siete piezas sacadas de Tarento, se emprendieron las operaciones para tomar los castillos de Nápoles, es decir, se emplearon cerca de cuarenta, número muy superior al que el Gran Capitán consideraba teóricamente como suficiente.

Siguiendo a Jorge Vigón[6], es preciso mencionar que algunas partes del tratado no son originales, sino traducciones de ciertos pasajes de *El arte de la guerra* de

[6] J. Vigón, 1968, cap. ix: «La literatura militar», pp. 255-268.

Nicolás Maquiavelo, impreso en Florencia en 1521. Bien es verdad, según parece, que este autor italiano se basó para redactar su obra en noticias que le habían llegado sobre las campañas del Gran Capitán. Por otro lado, la citada obra de Maquiavelo, cuyos trece primeros capítulos del libro VII tratan de la fortificación y del asedio utilizando la artillería, no fue la primera que en Europa se ocupa de cuestiones relacionadas con la artillería. Hay que citar dos tratados anteriores.

De re militari, libri XII, escrito en 1465 por Robertus Valturius, ingeniero de Segismundo Malatesta de Rímini, recoge en parte el texto de *De re militari* escrito en el siglo IV por Flavius Vegetius Renatus. La obra se editó en 1472, siendo al parecer el primer impreso conteniendo grabados técnicos. Pero, a pesar de ello, se ha destacado más la edición realizada por De Boninis en Verona en 1483, ya que muchos de sus espléndidos grabados se atribuyen a Leonardo da Vinci, entre ellos los ocho cuyos motivos son distintos tipos de piezas artilleras, como la *ballista,* el *tormentum* o la *maquina tormentaria,* y diferentes encabalgamientos y dispositivos de transporte.

El otro tratado fue redactado hacia 1512 y circuló como manuscrito hasta 1558, año en que fue impreso en París bajo el título *Instruction de toutes manieres de guerroyer.* Su autor, Philippe, señor de Clèves (1456-1528), escribe sus experiencias en relación con las nuevas aportaciones de la artillería, en especial los éxitos de los españoles en la utilización de minas explosivas en Nápoles en 1503. El autor era hijo de Adolfo de Clèves y de Ravestein y de Beatriz de Portugal, nieta del monarca lusitano. Participó junto a Maximiliano de Austria en la guerra contra las ciudades del condado de Flandes en 1488 y posiblemente auxilió a Carlos VIII y a su pariente Luis XII contra Fernando de Aragón en Italia. Con posterioridad regresó a sus dominios en los Países Bajos y en 1515 se puso al servicio de Carlos V cuando este recibió el gobierno de Flandes.

Pero el tratado que más difusión alcanzó en esta primera mitad del quinientos fue escrito al final de su vida por un militar italiano que participó con las tropas de Fernando de Aragón en Italia, Giovanni Battista della Valle. La obra, que apareció en Venecia en 1524 pero que tuvo varias reediciones y fue objeto de multitud de copias manuscritas, fue conocida popularmente por *Il Vallo,* aunque su auténtico título es *Libro continente appertinente a Capitanii, retenere e fortificare una città con bastioni, con nuovi artificii de fuoco aggionti, come nella tabola appare, et de diverso sorte polvere, et de espugnare una città con ponti, scale, argani, trombe, trencere, arteglierie, cave, dare avisamenti senza mezzo allo amico, fare ordínanze, battaglioni, et ponti de disfida con lo pingere, opera molto utile con la esperienza de l'arte militare.*

De la lectura de este largo título puede fácilmente extraerse una idea bastante aproximada del contenido de la obra y entender los motivos por los que fue utilizada como manual de bolsillo por todos aquellos arquitectos-ingenieros militares, y también soldados, que querían estar al tanto de las mejoras desarrolladas en materia bélica: todos esos temas estaban tratados con sencillez y brevedad, pues sus cuatro libros no llegaban a ocupar 160 páginas en cuarto. La mayor parte del texto está dedicado a

temas relacionados con la fortificación, aunque también incluye una breve descripción de distintos tipos de piezas artilleras y unas elementales «recetas» para la fabricación de pólvora. Puede concluirse que en la primera mitad del quinientos no existe en Europa ningún tratado de relevancia sobre artillería, y que los pocos que recogen aspectos parciales relacionados con este tema fueron escritos por gente de guerra con muchos años de experiencia y fuertemente impresionados por la utilización de la pólvora y de la artillería realizada por los ejércitos de Fernando de Aragón y de Carlos V en sus campañas en Italia.

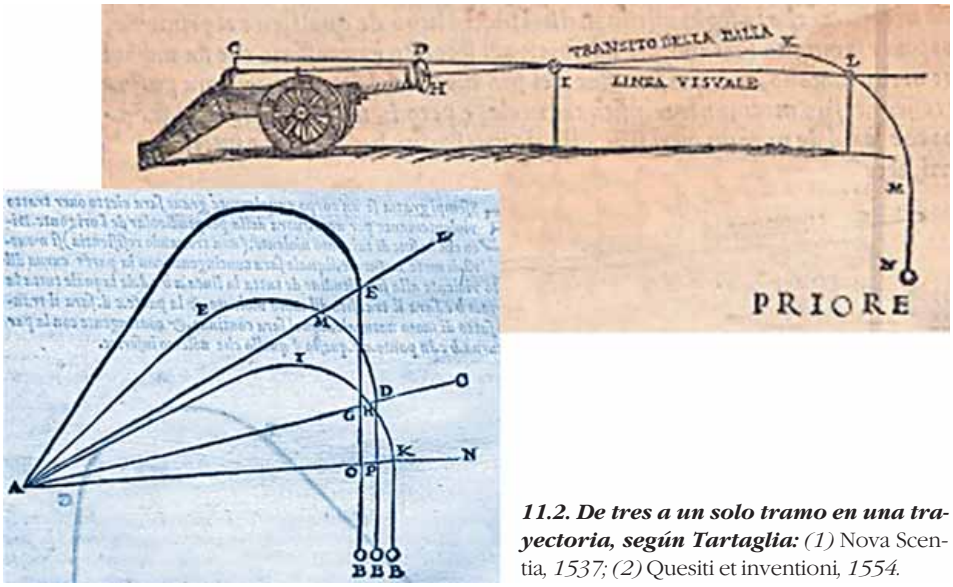
III

De la *Nova Scientia* al *Perfeto Capitán*

En 1537 aparece en Venecia un libro escrito por un matemático y calculista natural de Brescia que va a suponer el inicio de una nueva rama de la ciencia, la balística: el estudio teórico de las trayectorias de las balas lanzadas por un cañón o, en términos más actuales, de los proyectiles.

Nova Scientia es un libro de Nicolás Fontana (h. 1500-1557), *Tartaglia* ('el Tartamudo'), que no está especialmente dirigido a los artilleros. Intenta dar respuesta a un problema práctico a partir de consideraciones de filosofía natural, utilizando como herramientas la razón y la geometría. La obra representa un nuevo enfoque matemático de la dinámica y del movimiento, aunque a caballo todavía entre la visión clásica y medieval de la física y la moderna. Ya en el mismo planteamiento del problema fue novedoso, pues prescindió de la resistencia del aire, aunque con ello eliminaba el factor explicativo del movimiento violento en la física aristotélica: el aire como causa del mantenimiento del movimiento del proyectil una vez abandonaba el motor que lo impulsaba. Su tesis rompe, pues, de manera absoluta con la teoría aristotélica del «movimiento violento», ya cuestionada en la Edad Media por los estudiosos del Merton College de Oxford (como Bradwardine), por Ockham y por los «físicos parisinos» Oresme y Buridan. Pero, a pesar de ello, Tartaglia aún mantiene, aunque con reservas, la trayectoria aristotélica de una bala compuesta de tres partes o secciones: una primera línea recta debido a la fuerza impulsora de la pólvora, una sección curva cuando esta fuerza impulsora se va equilibrando con la «tendencia natural» de la bala y, por último, una línea perpendicular al terreno cuando ha cesado la fuerza impulsora y permanece únicamente la «tendencia natural».

Pero es en una obra también publicada en Venecia nueve años más tarde, 1546, *Quesiti et inventioni diverse de Niccolo Tartaglia, di novo restampati con una gionta al sesto libro, nella quale si mostra duoi modi di redur una città ínespugnabile,* cuando Tartaglia proporciona la solución casi completa al considerar que desde el inicio del tiro hasta la caída de la bala al terreno, es decir, durante todo el movimiento, actuaban continuamente tanto la fuerza de la pólvora, *impetus,* como el peso de la



11.2. De tres a un solo tramo en una trayectoria, según Tartaglia: *(1)* Nova Scentia*, 1537; (2)* Quesiti et inventioni*, 1554.*

bala, *gravitas,* que ha sustituido a la «tendencia natural» aristotélica. El resultado de la doble acción continua es que la trayectoria de la bala es «totalmente curvilínea», aunque Tartaglia no llega a precisar el tipo de la curva. De esta manera no se evidencia contradicción entre la explicación «matemática» y lo que muestra la práctica artillera.

Este tratado está estructurado en nueve libros. Los dos primeros desarrollan el tema de la «Balística», el tercero trata sobre los artilleros, el cuarto y el quinto sobre actividades militares como los asedios, el sexto sobre la fortificación, el séptimo y octavo sobre pesos y medidas, y el noveno está dedicado a diferentes problemas matemáticos. Expuesto mediante diálogos —tan en boga en la literatura de la época y que, como hemos visto, también utilizó Diego de Salazar en su tratado de 1536—, intervienen personajes afamados, como Francesco Maria I, cuarto duque de Urbino, el español Diego Hurtado de Mendoza, embajador imperial en Venecia y mecenas de Tartaglia, el médico y matemático Jerónimo Cardano o el ingeniero militar y artillero Gabriel Tadino de Martinengo, héroe del asedio de Rodas en 1522.

El texto va a tener una gran influencia tanto desde el punto de vista teórico como práctico. Por un lado, porque establece una «conexión eficaz» entre la filosofía natural (física), la geometría y la práctica bélica. Por otro, porque proporciona resultados útiles, aunque algunos de ellos sin una demostración completa, como que el alcance máximo de la bola se consigue cuando la pieza artillera presenta un ángulo con el terreno, elevación, de 45°; y, sobre todo, convence de la necesidad de la geometría, especialmente de los métodos de triangulaciones, y de la utilización de muchos instrumentos geométricos en la práctica totalidad de los usos artilleros, como por ejemplo la medición de la elevación mediante el cuadrante.

Puede afirmarse que, salvo raras excepciones, a partir de la publicación de *Quesiti et inventioni diverse* de Tartaglia todos los tratados de artillería incorporarán la geometría, con más o menos profundidad, y los autores justificarán el nivel de sus obras y muchas de sus aseveraciones en la matemática que han incorporado a ellas. Prácticamente en ningún tratado posterior se cuestionará la importancia de la geometría en la artillería, a veces más por cuestión de prestigio que por verdadero convencimiento, sobre todo cuando el autor no sea un matemático o ingeniero de corte sino un profesional de la milicia.

Pero en el aspecto en que se patentizarán más las diferencias entre los textos de unos autores y otros es en el de la «naturaleza» de la trayectoria de las balas. Mientras que en los tratados de los matemáticos esta será una cuestión importante a debatir, apoyando o no a Tartaglia, en la mayoría de los elaborados por artilleros profesionales ni siquiera llegará a mencionarse la cuestión. Por ejemplo, en la obra de Cristóbal Lechuga se expresa con claridad que, según demuestra la práctica, «cada pieza daba su propia trayectoria a la bala». No merece la pena detenerse en cuestiones teóricas, que no se cuestionan pero que ni son útiles ni tampoco pueden ser comprendidas por los artilleros.

Varias obras de esta época tuvieron influencia en los tratados de artillería por las reglas prácticas de geometría que ofrecían, y que resultaban muy útiles a los artilleros para medir distancias y poder así calcular el emplazamiento de la pieza artillera, su elevación y la dirección del disparo. Cabe destacar *Commentariorum in Astrolabium, quod Planispherium vocant* del palentino Juan de Rojas[7], *De Astrolabo Catholico liber* de Gemma Frisio[8], *De usu astrolabii Compendium* del valenciano Juan Martin Población[9], *Geometría Practica y Especulativa* del jienense Juan Pérez de Moya[10], *Del modo di misurare le distanze* del florentino Cosimo Bartoli[11], *Opera del misurare* del ingeniero de Novara Girolamo Cataneo[12] y el *Trattato del radio latino* del caballero romano y embajador del papa Gregorio XIII Latino Orsini[13], entre otras.

En la Biblioteca Nacional (Ms. 7479) se encuentra una obra manuscrita titulada *Libro del Arte Militar para lo tocante al Artillería, y lo demás necesario para la gue-*

---

7 Apareció en 1550 en París y tuvo varias ediciones posteriores, una de ellas en francés, Lyon, 1556.

8 Amberes, 1556, con varias reediciones posteriores

9 La primera apareció en París en 1520 y tuvo otras 10 ediciones, todas parisinas. Curiosamente tuvo más difusión muchos años más tarde que cuando vio la luz por primera vez: desde 1545 hasta 1557 se reeditó 8 veces, quizás por influencia de las obras de Tartaglia.

10 Apareció esta obra incluida en *Fragmentos Matemáticos,* Salamanca, 1568, y se reeditó varias veces más bajo distintos títulos.

11 En Venecia, por Franceschi, 1564.

12 Se editó en Brescia, por Marchetti, en 1572 y se reeditó varias veces hasta 1600.

13 El autor era un caballero e ingeniero romano que durante algún tiempo actuó como embajador del papa Gregorio XIII. El *Trattato del radio latino* apareció en 1586 y fue impreso por Moretti y Brianzi en Roma. Un estudio de estos tratados de aplicaciones geométricas, en M. I. Vicente Maroto y M. Esteban Piñeiro, 2006, caps. v a viii y x.

rra y batería de algún fuerte. Ocupa tan solo 39 folios y carece de fecha, pero sí aparece el nombre del autor, Juan Fernández de Espinosa. De ciertos datos contenidos en el texto se deduce que fue un veterano con experiencia bélica en Italia y en Túnez y que lo escribió en torno a 1560. El motivo de reseñarlo aquí es que, a pesar de ser muy elemental y con ciertos errores, representa la pervivencia en la segunda mitad del siglo XVI de textos dirigidos a aspirantes a artilleros muy alejados de la orientación matemática que desde la obra de Tartaglia se estaba imponiendo en mayor o menor medida en los tratados de artillería. Pero, como se utiliza ya un vocabulario bélico moderno y actualizado, aunque mezclado con términos medievales, puede considerarse como un intento de confección de una cartilla cuyo contenido se limitaba a temas concretos, en este caso especialmente a la utilidad de las minas de fuego, dirigida a artilleros o aspirantes cuya formación no excediera de la lectura.

En 1583 aparece en Méjico, impreso por Pedro de Ocharte, *Diálogos Militares* escrito por el oidor de la Audiencia de esa ciudad, el montañés Diego García de Palacio. Su libro tercero, «De la naturaleza y composición de la pólvora y buen uso de los arcabuces y artillería y reglas respectivas, con algunos instrumentos necesarios», está tomado esencialmente de *Quesiti et inventioni diverse* de Tartaglia, sustituyendo a los protagonistas del diálogo por dos soldados, un vizcaíno procedente de las guerras de Italia y un montañés que había participado en la conquista de América. No aporta nada realmente nuevo respecto a la obra del italiano, incluso la mayor parte de las ilustraciones son copias de dibujos que aparecen en esta.

En 1584 se edita en Carmañola *Instrutione dei Bombardieri,* del milanés Gabriele Busca[14] con un «Breve tratado de las cosas más útiles que debe saber». En 90 páginas desarrolla de forma muy sencilla, utilizando muy pocos y elementales dibujos, cuestiones como la forma de preparar la pólvora, la manera de transportar las piezas y los diversos procedimientos para efectuar los tiros, según fuera «a puntería» o «a volata». A pesar de su no muy alto nivel, la obra ha sido muy elogiada por algunos historiadores, que han visto en ella el precedente de otros tratados posteriores españoles, llegando a afirmar que estos se limitaron a copiar el texto del milanés[15].

Uno de los acusados de este hecho es el ingeniero del Real Ejército de Lombardía y Piamente Luis Collado de Lebrija, quien en 1586 publicó en italiano *Prattica manuale dell'artiglieria,* que editó en castellano seis años más tarde, ampliando bastante su contenido. Este último tratado puede considerarse, sin ninguna duda, como el primer manual sistemático relativo al conjunto de cuestiones técnicas que entonces eran competencia de los «artilleros», y de los nuevos ingenieros militares, y el más completo publicado en Europa en todo el siglo XVI. Dedicado a

[14] Gabriel Busca estaba al servicio de Felipe II como capitán de su artillería en Milán.

[15] Se apoyan estas afirmaciones especialmente en el *Discurso en que trata de la Artillería* de Cristóbal Lechuga, pero el autor indica expresamente que toma lo escrito por Busca como base para escribir únicamente el capítulo XVII de su obra.

Felipe II, es el resultado de toda una vida consagrada a la técnica militar: «no hay cosa en ella escripta, que de mí no haya sido experimentada».

La obra, de 235 folios, es decir 470 páginas, se divide en cinco partes o «tratados», cuyos títulos literalmente dicen:

> Comienza el primer tratado, en el cual el autor trata de la excelencia del Arte Militar y origen della. De las máquinas con que antes de la invención de la pólvora y artillería solían los antiguos capitanes expugnar y batir cualquier fortaleza.
>
> Tratado segundo, en el cual se trata de las diferencias o géneros de piezas que en las fundiciones modernas se hallan della, con el modo de saber si tienen su razón de metal o no.
>
> Tratado tercero que en general trata de diversos oficios y operaciones tocantes al exercicio y plática del Arte del Artillería, sin los cuales sería imposible poder el artillero exercitarla como debe en ninguna empresa.
>
> Tratado cuarto, en el cual se trata de diversas operaciones necesarias al exercicio della. Fabricar Minas, Fuegos Artificiales y otras operaciones.
>
> Tratado quinto, en el cual a modo de diálogo trata de las cualidades que en la persona del General de Artillería deben concurrir y de la importancia de su cargo y recta administración de él.

Además, el texto está complementado con un gran número de grabados, muy minuciosos, bellos y técnicamente rigurosos, que contribuyeron decisivamente a su éxito. Como indica Collado, el tratado se inicia con una exposición del arte militar en

PRATTICA
MANVALE
DELL'ARTIGLIERIA.
Doue si tratta dell'eccellenza, & origine dell'Arte Militare, e delle Machine vsate da gli antichi;
Dell'inuentione della Poluere, & Artiglierie; del modo di condurla per Acqua, e per Terra, e piantarla in qual si voglia impresa, di Fabricare le Mine per mandar in aria Fortezze, e Montagne; di Fuochi Artificiali; e di varij secreti, & importantissimi auertimenti all'vso della Guerra moderna, e necessary.
E nel fine d'vn molto copioso, & importante Essamine de' Bombardieri.
Opera di grandissimo giouamento ad ogni Officiale, e Soldato, che seguiti la Guerra, & à chi è diletta di saper quanto conuenga alla professione Soldatesca.
Composta da Luigi Collado Ingegnero del Real Essercito di S. Maestà Catolica in Italia.
CON PRIVILEGIO, ET LICENZA DE' SVPERIORI.
In Milano, Per Girolamo Bordoni, e Pietromartire Locarni. 1606.

11.3. Luis Collado de Lebrija:* Prattica Manuale, *1586 *(edición milanesa de 1606). «Midiendo la pieza» (p. 48).*

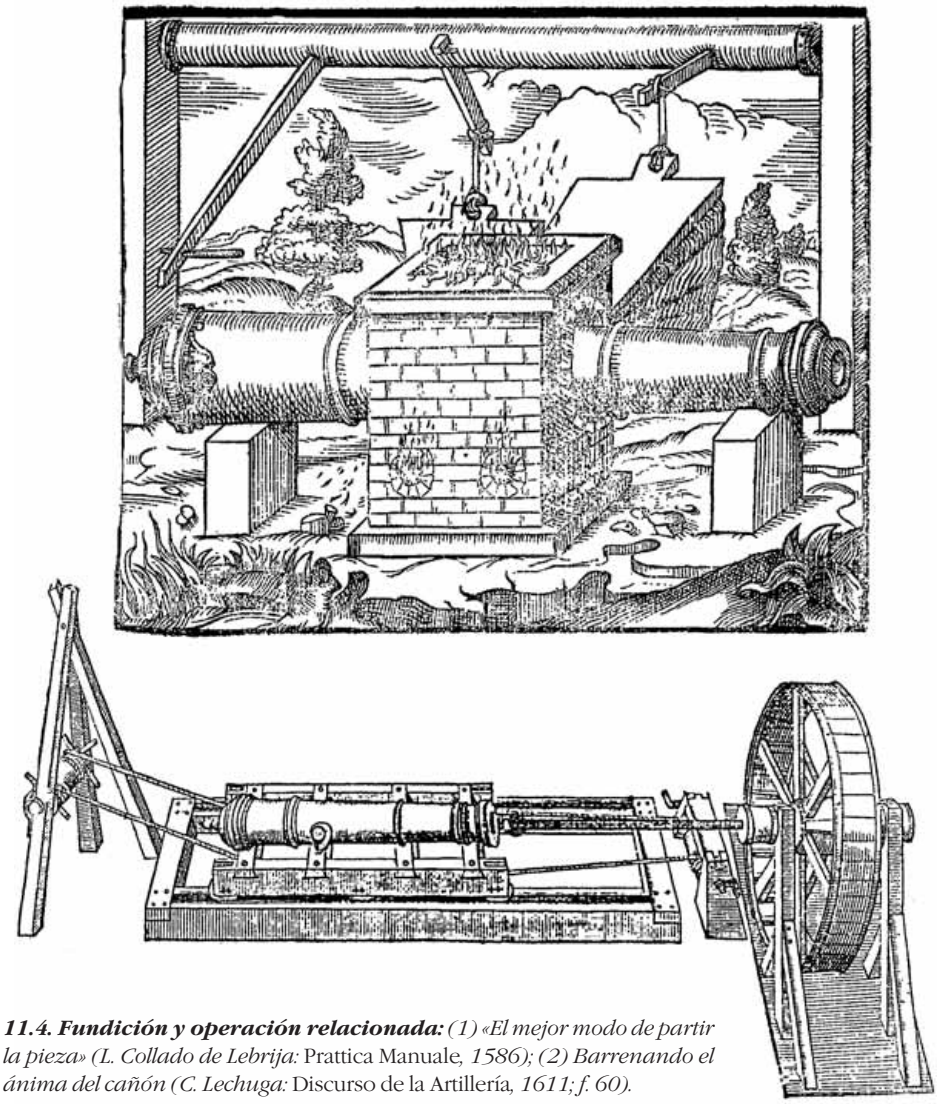
general «y de las máquinas con que los antiguos comenzaron a usarla». Se estudia a continuación la fundición y construcción de cañones, los problemas de las cargas, tiros y punterías, la fabricación y el manejo de las pólvoras. En lo que se refiere a la composición de la pólvora, no detalla en qué proporciones deben entrar el salitre, el carbón y el azufre, pero indica algunos efectos que se consiguen aumentando la cantidad de cada uno de los componentes.

En relación con la fundición, destaca el autor la alta calidad de los cañones fundidos por los «tudescos», los alemanes, pero valora también positivamente las piezas salidas de las fundiciones de Milán, Nápoles y España y advierte de los grandes defectos de las genovesas. En cuanto a la artillería turca, señala que está bien fundida pero es errónea en sus dimensiones, especialmente en la relación entre longitud y calibre. La superioridad de la artillería alemana la justifica el ingeniero y artillero sevillano en la mayor experiencia de los fundidores alemanes, en la mayor riqueza de metales de su territorio y también en su carácter «flemático», que les permite trabajar con más tranquilidad y más minuciosamente. Por el contrario, estima nuestro autor que al ser españoles e italianos más «coléricos» operan de manera más apresurada y con menos cuidado.

En realidad, no entra en muchos detalles técnicos de la fundición[16] sino que se detiene en recomendaciones sobre las proporciones adecuadas de las piezas que se van a fundir, las características del fogón, las zonas en donde se reforzaban y su magnitud, y en la forma y tamaño de la cuchara (instrumento formado por una plancha de cobre o hierro abarquillada con largo mango de madera que sirve para introducir la pólvora en el ánima), incidiendo en que con cada pieza debe fundirse la cuchara apropiada. Proporciona algunos consejos de cómo debe conformarse el horno, pero no entra apenas en cuestiones concretas de la práctica de la fundición ni de las proporciones del estaño y el cobre para obtener el bronce idóneo. Posiblemente, la explicación de estas omisiones está, además de en lo comentado en la nota anterior, en que estos datos se consideraban de interés estratégico y, por lo tanto, su inclusión determinaría la prohibición por parte del Consejo de Guerra de la publicación de la obra, como pocos años más tarde le sucedió a Julián Ferrofino.

El libro, que termina con un «examen de artilleros», incluye, además, descripciones de máquinas e «ingenios» para elevar grandes pesos y para el montaje de puen-

[16] Este silencio es el habitual en la época en todo lo que tenga que ver con los «secretos del arte». Todavía permanece la costumbre medieval de que el artesano solo transmite sus conocimientos más importantes a sus aprendices y oficiales, que están obligados a mantener el secreto por su pertenencia al gremio. Una prueba muy significativa de esta actitud es la obra publicada en 1627 por Joseph von Furttenbach, *Halinitro-pyrobolia: Beschreibung einer newen Büchsenmeisterey (neuen Büchsenmeisterei), nemlichen: Gründlicher Bericht wie der Salpeter, Schwefel, Kohlen und das Pulver zu praepariren, zu probieren, auch langwirig gut zu behalten,* considerada una de las grandes obras europeas sobre la pólvora y sus aplicaciones, en que también se ocultan los datos técnicos esenciales.



11.4. Fundición y operación relacionada: *(1) «El mejor modo de partir la pieza» (L. Collado de Lebrija:* Prattica Manuale*, 1586); (2) Barrenando el ánima del cañón (C. Lechuga:* Discurso de la Artillería*, 1611; f. 60).*

tes, un resumen sobre fuegos artificiales y un capítulo acerca de «las minas para volar las fortalezas y montañas».

En el tratado tercero, en gran parte dedicada a la balística, Collado, siguiendo la doctrina expuesta por Nicolás Tartaglia en la *Nova Scientia,* descompone la trayectoria del proyectil en tres partes: movimiento violento (recto), mixto (arco de círculo) y natural (recto). No obstante, a partir de sus propias experiencias, critica determinados aspectos y consecuencias de las teorías del mencionado autor. Es cierto que algunas de ellas ya las había corregido Tartaglia en su obra posterior, *Quesiti et in-*

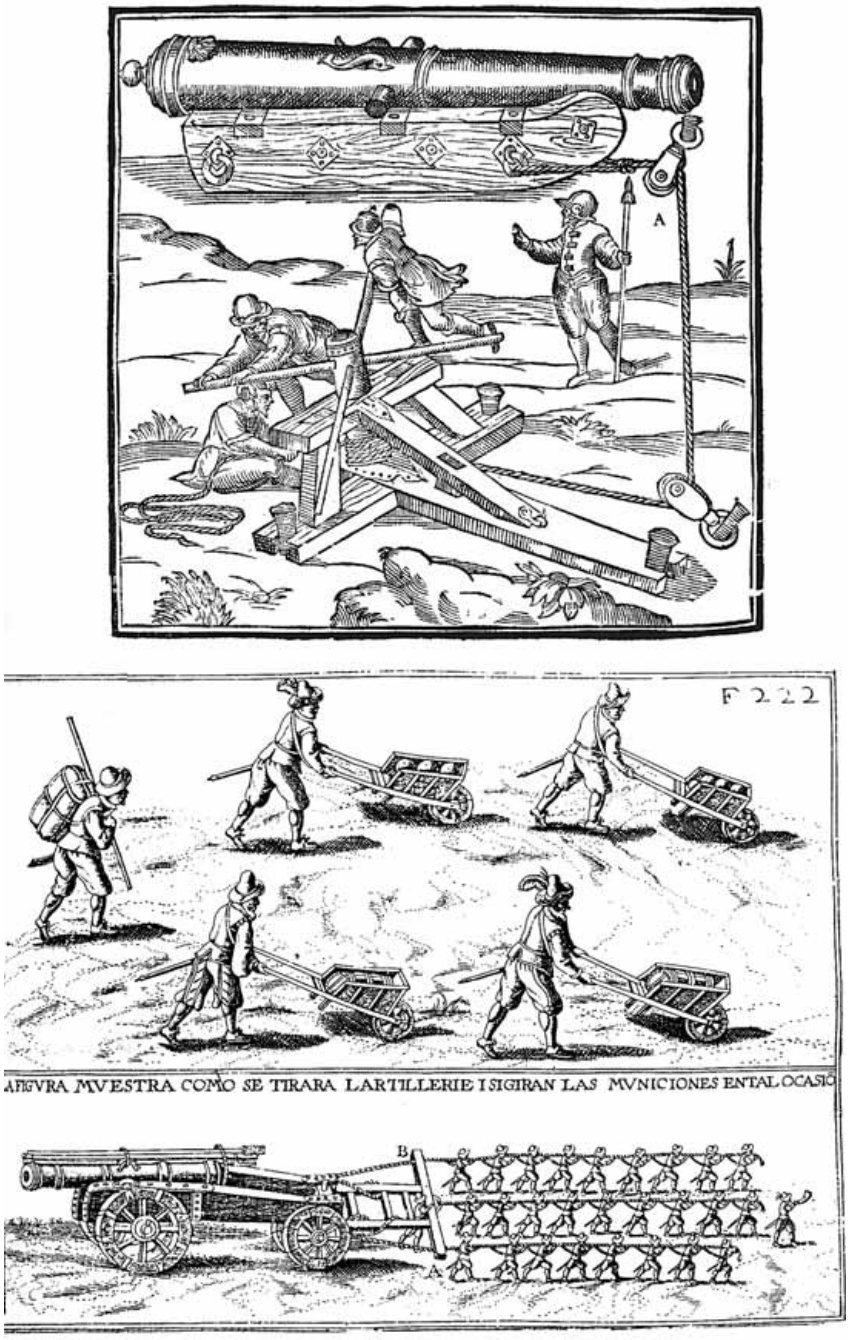
ventioni diverse, que parece desconocer el ingeniero español[17]. Así, por ejemplo, Collado disparó con un falconete de 3 libras de bala y encontró que los alcances correspondientes a los siete primeros puntos del cuadrante (es decir, para las siete primeras elevaciones de la pieza) eran 268, 594, 794, 954, 1010, 1040 y 1053 pasos. Consecuentemente, como comprobó que los incrementos de alcance de punto a punto iban creciendo menos (es decir, no había una relación lineal), dedujo que era imposible calcular todos los alcances a partir de uno, como opinaba Tartaglia en la *Nova Scientia*. También disparando el falconete comprobó que los alcances con ángulos superiores al semirrecto, 45 grados, eran menores que con los equidistantes por debajo del semirrecto, aunque no encontró explicación teórica a este hecho. Collado realizó también experiencias para investigar la influencia sobre el alcance de la relación entre el calibre y la longitud de las piezas.

En realidad, Collado escribe su tratado pensando en dos tipos de lectores. Su mayor parte puede ser entendida por un artillero sin una formación matemática elevada, y aun por aspirantes, pues a ellos va dirigido el «examen de artilleros» con que concluye el texto. Pero también pretende que sea una obra de consulta necesaria y útil para los ingenieros y arquitectos militares, para quienes introduce reflexiones y demostraciones más rigurosas y elevadas. Todo lo anterior hará que la *Plática manual de Artillería* sea el modelo que, con menor o mayor fortuna, seguirá el resto de los tratadistas europeos de artillería hasta finales del siglo XVII.

En 1590, dos años antes de que apareciera la versión castellana del tratado de Collado, se publica en Madrid, en la imprenta de Pedro de Madrigal, *El Perfeto Capitán, instruido en la Disciplina Militar, y nueva ciencia de Artillería,* cuyo autor es don Diego de Álava y Viamont, hijo del capitán general de Artillería don Francés de Álava, personaje muy influyente en la corte, miembro del Consejo de Guerra y con amplias relaciones en el exterior por haber sido embajador en Francia durante unos años.

Don Diego era jurista de profesión y con una excelente formación humanística. Estudia primero en Alcalá con el cronista real Ambrosio de Morales; después, en la universidad salmantina acude a las lecturas de Francisco Sánchez el Brocense y aprende matemáticas con el cosmógrafo y catedrático Jerónimo Muñoz. No obstante, carece de experiencia tanto en la enseñanza de la artillería como en su práctica. En el propio título indica que el tratado no va dirigido a artilleros sin cualificación sino a capitanes y oficiales de la artillería, idea que refuerza con la alabanza, que dirige en las primeras páginas, a la aritmética y a la geometría como ciencias básicas de la artillería y de la milicia en general. También en el título aparece por vez primera en un

[17] Una posible explicación al presumible desconocimiento por parte de Collado y de los demás tratadistas españoles de las modificaciones a su teoría que realizó Tartaglia, y que publicó en *Quesiti et inventioni diverse,* puede deberse a la escasa difusión de esta obra y a que en ella se mantienen los grabados que representan las trayectorias como curvas compuestas. Además, la *Nova Scientia* se siguió reeditando, sin alterar sus contenidos, a lo largo del siglo XVI.



11.5. Desplazando el material: *(1) «Moviendo la pieza» (L. Collado de Lebrija:* Prattica Manuale, *1586; p. 242); (2) Transporte de municiones y piezas (D. Ufano:* Tratado de la Artillería, *1612; fig. 222).*

autor español la referencia concreta a la «nueva ciencia de la artillería», recordando a la obra de Tartaglia. La obra de Álava se estructura en seis «libros»:

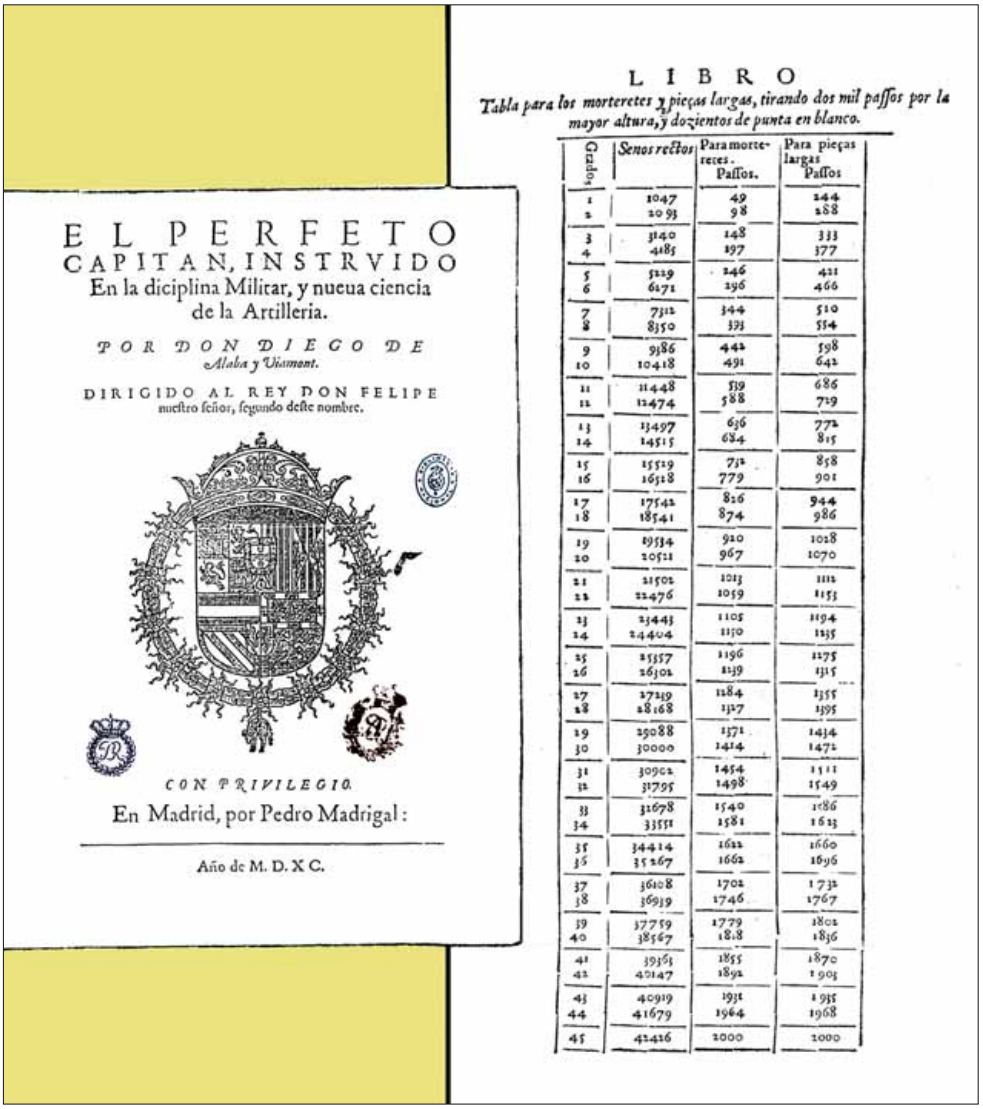
I. De las partes que ha de tener el perfecto capitán y lo que ha de hacer antes de la batalla.
II. Trata de lo que ha de hacer el perfecto capitán en la batalla y después de ella.
III. Trata de todo lo necesario a las fundiciones de artillería y sus municiones.
IV. Trata de todos los géneros de medidas necesarias para el uso de la artillería.
V. Trata de todos los instrumentos necesarios para el uso de la artillería y del modo de hacer tablas para tirar con ella, conforme a la doctrina de Nicolo Tartaglia.
VI. Pruébase el comenzar el movimiento natural del proyectil en los tiros de menor altura de 45°.

Los dos primeros libros tratan del comportamiento de un «perfecto capitán» antes (organización, reclutamiento, marchas, alojamientos, etc.), durante y después de la batalla (cuándo y cómo se ha de combatir, y en qué casos...). Ilustra la exposición con referencias a la historia griega y romana y se apoya en preceptos de teóricos en esta materia como Vegecio.

En los libros III y IV se ocupa de la artillería, comenzando por las definiciones más necesarias relacionadas con las formas, proporciones y tipología de las piezas artilleras, continúa con los procedimientos para su reconocimiento y pruebas de su funcionamiento y calidad. En lo que se refiere a su fundición, reproduce prácticamente lo contenido sobre este tema en la *Prattica Manuale*. Termina con la relación entre los distintos géneros de piezas y sus pesos, tipos de balas y con un apartado sobre la pólvora, indicando los diferentes tipos empleados en la época y proporcionando una somera idea sobre los modos de elaborarla. Aunque el planteamiento es correcto, no hay en estos libros aportaciones originales que le diferencien del tratado de Luis Collado aparecido cuatro años antes en italiano.

Los libros V y VI corresponden a la balística o «nueva ciencia de la artillería», según la denominación que se impuso desde los trabajos de Tartaglia. Comienza el quinto a modo de tratado de geometría práctica y trigonometría en el que se describen el astrolabio, el cuadrante y otros instrumentos, y al final se inserta la tabla de senos rectos de Regio Montano. Aunque en estos temas resulta más amplio que Collado, el tratado de Álava presenta escasas contribuciones originales, pues se limita en esencia a recoger los contenidos sobre estos temas de las obras de geometría anteriores, como la de Pérez de Moya citada más arriba.

Posteriormente, Álava desarrolla las ideas contenidas en la *Nova Scientia,* relativas al movimiento de los proyectiles y al modo de determinar los alcances en el tiro. Así, demuestra que el mayor alcance corresponde a un ángulo de 45°. No le convence, sin embargo, el segundo principio deducido de la doctrina de Tartaglia, a saber, que el incremento en el alcance es el mismo para cada grado de elevación. Todo el error procede, dice, de considerar que la parte curva de la trayectoria es un arco de círculo. Por el contrario, en el caso del tiro horizontal, según Álava, el proyectil comienza a moverse oblicuamente de modo muy gradual, aumentando la curvatura



EL PERFETO
CAPITAN, INSTRVIDO
En la diciplina Militar, y nueua ciencia de la Artilleria.

POR DON DIEGO DE
Alaba y Viamont.

DIRIGIDO AL REY DON FELIPE
nuestro señor, segundo deste nombre.

CON PRIVILEGIO.
En Madrid, por Pedro Madrigal:

Año de M. D. X C.

LIBRO
Tabla para los morteretes y pieças largas, tirando dos mil passos por la mayor altura, y dozientos de punta en blanco.

Grados	Senos rectos	Para morteretes. Passos.	Para pieças largas Passos
1	1047	49	144
2	2093	98	288
3	3140	148	433
4	4185	197	577
5	5229	246	721
6	6271	296	866
7	7312	344	1010
8	8350	393	1154
9	9386	442	1298
10	10418	491	1442
11	11448	539	1586
12	12474	588	1729
13	13497	636	1872
14	14515	684	2015
15	15529	732	2158
16	16538	779	2301
17	17542	826	2444
18	18541	874	2586
19	19534	920	2728
20	20521	967	2870
21	21502	1013	3011
22	22476	1059	3153
23	23443	1105	3294
24	24404	1150	3435
25	25357	1196	3575
26	26301	1239	3715
27	27239	1284	3855
28	28168	1327	3995
29	29088	1371	4134
30	30000	1414	4272
31	30902	1454	4411
32	31795	1498	4549
33	32678	1540	4686
34	33551	1581	4823
35	34414	1622	4960
36	35267	1662	5096
37	36108	1702	5232
38	36939	1746	5367
39	37759	1779	5502
40	38567	1818	5636
41	39363	1855	5770
42	40147	1892	5903
43	40919	1931	6035
44	41679	1964	6168
45	42426	2000	6300

11.6. Diego de Álava y Viamont: **El Perfeto Capitán,...** ***1590.*** *«Tabla para morteros y piezas largas, tirando dos mil passos por la mayor altura, y dozientos de punta en blanco».*

de la trayectoria con rapidez cada vez mayor hasta convertirse en una línea vertical. Por ello, la parte curva del movimiento violento no es nunca parte del círculo. Al igual que Collado, parece que Álava tampoco conocía las *Quesiti et inventioni diverse,* en donde Tartaglia modificó este aspecto de su teoría, como ya se avanzó. Finalmente, concluye que los alcances son proporcionales a los «senos rectos» de los ángulos de

elevación. Por ejemplo[18], si el alcance en el tiro de «punta en blanco» (horizontal) es de 200 pasos y el alcance máximo de 2000 pasos, para 10° será:

$$200 + (2000\text{-}200).\ \text{sen}\ 10°/\text{sen}\ 45°,$$

o sea, 642 pasos. Para el tiro con morteros recomienda un método de graduar el cuadrante según el cual, si el alcance para 45° es de R pasos, el alcance correspondiente a otro ángulo *a* será:

$$r = R\ (\cos a / \cos 45°).$$

El cambio de senos a cosenos en la fórmula lo justifica en el hecho de que en los tiros con morteros los ángulos son siempre superiores a 45°.

Pero este análisis, que de ser propio daría valor a la obra de Álava, está casi literalmente tomado del trabajo de Collado, con la diferencia de que omite las proposiciones de Euclides que hay que emplear y que, en cambio, Collado sí explicita y detalla.[19]

Lo más interesante de estos libros reside en las tablas generales que incorporan para saber los alcances de los cañones y morteretes correspondientes a sus respectivas elevaciones por los grados y minutos de la escuadra, pues es la primera vez que se publican en Europa.

En resumen, no es necesario realizar una lectura muy detallada del *Perfeto Capitán* de Álava y de la *Prattica Manuale dell'artiglieria* de Collado para llegar a la conclusión, con muy escaso riesgo de error, de que una parte significativa del primero se elaboró de manera oportunista, traduciendo al castellano, aunque procurando ocultarlo, la segunda. El mismo autor indica en el prólogo que la redacción de su obra le llevó más de tres años, es decir, que comenzó a escribirla en 1586, el año en que vio la luz el tratado de Collado. Al aparecer en 1590 el *Perfeto Capitán,* Álava y Viamont se convertía en el «autor» de la obra de artillería más completa y actualizada escrita hasta entonces en castellano, lo que podría presentar como mérito ante el monarca cuando solicitase de este nombramientos y mercedes.

Resulta en este sentido bastante ilustrativa la carta que el propio Álava dirige a su padre, y que incorpora en las primeras páginas de su tratado, en donde quiere demostrar que posee formación para escribirlo, a pesar de que confiesa no sentir demasiada inclinación por las matemáticas y haberlas tenido que estudiar por agradar a su progenitor: «lo que toca a la disciplina militar y uso de la Artillería, valiéndome de las ciencias que, por gusto de V. S. más que por inclinación propia, largo tiempo profesé en la Universidad de Salamanca».

---

[18] V. Navarro: «Álava y Viamont, Diego de», en *Diccionario Histórico de la Ciencia Moderna en España,* vol. 1, Barcelona, Península, 1983, pp. 31-32.

[19] Un detalle curioso del libro es que entre los folios 169 y 170 se incluye una tira de papel plegada, en realidad una cinta métrica, en donde están señalados los diámetros de las balas o pelotas de piedra, hierro, cobre y plomo.

Por otro lado, la señalada sospecha de plagio ya fue manifestada en su tiempo. Alonso de Salamanca[20], maestro mayor de artilleros, que había ejercido la profesión más de cuarenta años, envió a Felipe II en 1590 un memorial en que solicitaba el apoyo real para la publicación de un libro suyo sobre artillería. Justificaba la petición en su dilatada experiencia como maestro de artilleros, «que es oficio que saben pocos», en la necesidad que había de artilleros, y «que con él podrá cualquier persona enseñarse a servir [el] oficio de artillero tan bien como yo, y excusar la costa que se tiene en traer artilleros de fuera, como se traen de poca confianza y habilidad». Añadía Alonso de Salamanca que su manuscrito había sido examinado y aprobado por personas entendidas, entre ellas el propio Juan de Herrera, «matématico y arquitecto de Su Majestad, pues con su parecer último se me dio el privilegio que tengo para imprimirlo».

Pero el párrafo siguiente resulta muy ilustrativo cuando dice, referido a su texto:

> No hay en lengua castellana su semejante [...] porque, si bien en los más libros militares se trata algo de esto, y más en particular por uno del Perfecto Capitán que de presente ha salido, es cosa cierta que no hay en ellos razón de maestro que haya servido artillería, por donde se conocen que lo que declaran ha sido sacado de papeles mal entendidos y de un libro de lengua toscana fundado en geometría y matemática y proporción, que es ciencia mal entendida de los más artilleros, cuyo oficio consiste más en razón de experiencias y en saber perfectamente obrarlas.

No parece haber duda de que se está refiriendo a la obra de Álava, al que acusa de demasiado teórico, de falto de experiencia en la artillería y de copiar tanto otros trabajos, que no ha entendido, como un libro en lengua toscana, es decir, italiana. Parece lógico deducir que está aludiendo a la *Prattica Manuale* de Luis Collado.

Alonso de Salamanca subraya así la necesidad de tener manuales de artillería en lengua castellana, escritos de manera clara, basados en la experiencia, con un lenguaje accesible a los artilleros, que, por lo general, tenían muy pocos conocimientos matemáticos. Al final del memorial su autor solicitaba al monarca que designase alguna «persona particular» bajo cuya protección pudiese hacerse la impresión del libro, pues no podía hacer frente a los gastos de edición. Según parece, para imprimir los 1200 ejemplares que según el Privilegio se había comprometido a hacer, Alonso de Salamanca había pedido un crédito de 150 ducados, cantidad que se había resultado insuficiente, pues mientras esperaba la aprobación real se habían duplicado los costos del papel, y no había conseguido que ningún librero se hiciese cargo de la edición. Pero su súplica no debió de ser atendida, pues no consta que se publicara la obra, y lamentablemente tampoco ha sido localizado el manuscrito original, que sepamos.

---

[20] M. I. Vicente Maroto: «Las escuelas de artillería en los siglos xvi y xvii», *Quaderns d'història de l'enginyeria,* vol. v, 2002-2003, pp. 1-10. Se hace un brillante análisis del memorial encontrado por la autora en el Archivo General de Simancas, en relación con la necesidad de artilleros en España en los años finales del quinientos.

Quizás haya que agradecer a Álava y Viamont que la aparición de su «versión castellana» de la *Prattica Manuale* sirviera de motivación a Luis Collado para dedicar un tiempo a ampliar esta obra y editarla en español, sacando a la luz de esta manera, y como ya se ha dicho, uno de los mejores tratados de artillería europeos.

Otro interesante tratado que, como el de Alonso de Salamanca, tampoco llegó a publicarse, aunque considerando quién fue su autor no parece probable que fuera por motivos económicos, es *Obra manual de la Artillería*[21], redactada en 1591 por el teniente del capitán general de la Artillería de Cataluña, Diego de Prado. Bastante extenso, 304 páginas, se completa con 91 ilustraciones, algunas de gran interés.

El contenido se expone a modo de diálogo entre tres personajes, que, a diferencia de lo que sucede en otros tratados que hemos citado, no son personajes importantes: un cabo, un artillero y un aprendiz. En el primero de los cuatro libros de que consta, el cabo ayudado por el artillero va dando los datos de todos los géneros de piezas artilleras habituales; en el segundo, se explica el método para reconocer el estado de las «cañas» de las distintas piezas; la enumeración de los diferentes pertrechos con la explicación de sus respectivos usos centra el contenido del tercero, mientras que en el cuarto y último libro se enseña al aprendiz a reconocer el tipo de terrenos en pueda extraer el salitre para la pólvora y el modo de realizar esa labor.

El tratado de Diego de Prado tiene también bastantes similitudes, además del título, con el de Luis Collado, aunque aquel abarca menos temas. Quizás se puede aventurar que el no llevarlo a las prensas por el autor pudo ser debido a la aparición en esas mismas fechas de la versión castellana de la *Plática manual de artillería,* lo que hacía menos útil su libro y más difícil su venta.

Otro manuscrito muy interesante es el *Tratado de artillería* de Espinel de Alvarado, conocido como *Alvaradina*[22]. El autor se presenta como un experto artillero y dedica su trabajo a Juan Fernández de Velasco, gobernador de Milán a cuyo servicio dice estar. Carece de fecha, pero debió de ser redactado en torno a 1595. Tiene especial interés la parte que dedica a la construcción de minas y a la utilización de balas incendiarias, aunque también parece que toma en gran parte los contenidos de la obra de Collado. Lo más interesante del manuscrito, que no aporta novedades reseñables, son los dibujos con los que el autor ilustra el texto, tanto por su originalidad como por el detalle con que están realizados.

Entre las dos fechas en que escribieron sus tratados Diego de Prado y Espinel de Alvarado, concretamente en 1593, se publicó en Padua *Breve instruzione dell'architettura militare,* escrita por Galileo Galilei. La obra, esencialmente dedicada a la fortificación, tiene interés porque en relación con este tema detalla características de distintas piezas artilleras y analiza las diversas minas explosivas al estudiar la manera de neutralizarlas, aunque no puede afirmarse que llegara a influir en los tratados posteriores.

---

[21] Se conserva el manuscrito en la Biblioteca Nacional, Ms. 9024.

[22] Biblioteca Nacional, Ms. 8895.

El último texto significativo sobre artillería aparecido en el siglo XVI es *Breve tratado de la Artillería y fábrica della y instrumentos de fuego,* escrito por Lázaro de la Isla y publicado en Madrid por la Viuda de Pedro Madrigal en 1595. En 133 folios en 8.º el autor, que sirvió como artillero en las galeras de Felipe II durante treinta años, intenta recoger sus conocimientos obtenidos por la práctica para que pudieran ser de utilidad a los artilleros, especialmente en los navíos. Según señala:

> serán notados en este mi pequeño Tratado todos los instrumentos, ingenios y partes que son menester para un Artillero, y para el ejercicio de su oficio. La cognición de los materiales para cosas de fundería, y cómo se ha de fundir; y cuando las piezas tendrán falta con el remedio para reducirlas en su perfección. La Geometría y arte para usarla y no errar en poner todo por obra; y todos los secretos de los fuegos artificiales que necesariamente conviene que sepa el artillero, así para mostrar ingenio y para juegos como para poder en cualquier ocasión aprovechar con su oficio en ofensa del enemigo, conforme a la parte de mar o tierra adonde se hallare.

A pesar de lo que indica respecto al tema de la fundición, solo le dedica unas pocas páginas y en ellas se recogen ideas muy elementales. Quizás lo más interesante de este breve impreso sean unas puntualizaciones que hace el autor en el capítulo II, bajo el título «De cinco oficios necesarios al artillero», en donde dice lo siguiente:

> Conviene mucho a un Artillero para usar bien su oficio entender cinco oficios, para conocer si está como debe lo que se contiene en el arte de artillería, conviene a saber: ser buen artillero, para que con su juicio mida, compase y pese lo que se le ofrece en la arte como en los capítulos y cada uno de ellos de los que es este libro escritos se declara. La segunda, entender de la fundición, para que cuando fundiere una pieza desde el principio le dé su cuenta y peso de metal que requiere, conforme a la calidad y cantidad de la munición que hubiere de tirar. La tercera, que entienda lo que toca al oficio de polvorista, para reconocer la fuerte de cada material y la cantidad y la refinación de ella y otras cosas de que también trata el libro. La cuarta, que teniendo azuela y otras herramientas necesarias para su arte, entienda también algunas cosas tocantes al carpintero, para si en alguna necesidad se le ofreciere adovar una cureña, o ruedas y otras cosas de madera. La quinta, que sepa también de herrero para chapas, pernos y cosas necesarias para las cureñas, como lo sabe el Artillero que se contienen en las cosas de su arte.

Es decir, planteado a un nivel muy diferente del texto de Firrufino, el artillero debe ser también fundidor, herrero, carpintero y «polvorista», además de saber utilizar los compases y los demás instrumentos geométricos. El tratado resulta ser muy elemental y con un planteamiento ya bastante retrasado en comparación con las obras que habían aparecido en años anteriores. Posiblemente en esa sencillez esté la explicación de que se reeditara dos veces en 15 años, pues su contenido estaba al alcance de los artilleros y aprendices. También el hecho de que el texto carezca prácticamente de grabados determinó el bajo precio de los ejemplares, lo que contribuyó seguramente a su mayor difusión.

IV

El *Libro de Instrumentos nuevos de Geometría* de García de Céspedes y los grandes tratados españoles de Lechuga y Ufano

En 1606 se publica en Madrid, en la imprenta de Juan de la Cuesta, la misma que unos meses antes había sacado el *Quijote,* el *Libro de instrumentos nuevos de Geometría.* El autor, Andrés García de Céspedes, era el cosmógrafo mayor del Consejo de Indias y catedrático de Matemáticas en la Academia Real Matemática. Aunque no es realmente un tratado de artillería, contiene un capítulo (el XX) de gran interés: «En que se pone una cuestión que anda entre Artilleros, sobre en qué elevación tira más la pieza de artillería». Comienza el capítulo dividiendo la «fábrica de la artillería» en tres partes principales:

> La primera es la preparación de la materia que es necesaria para la ejecución de ella, como es la tierra para hacer las formas y moldes, la cual se tiene que conocer cuál sea más a propósito para que los moldes reciban mejor el metal y sufran el fuego al recocerlos que no hagan hendeduras. Demás desto, se tiene que aparejar el metal, y si fuere viejo mirar que no tenga más liga de la que es menester. También se tiene que conocer qué piedras serán buenas para el horno, porque con el mucho fuego no se derritan.

Este párrafo ilustra el modo como se trataban los temas relacionados con la fundición en los tratados europeos de la época. Se sugieren los temas y los problemas relevantes, pero no se da ningún dato sobre las soluciones adecuadas: composición del material de los moldes, proporción de los metales en la aleación y combustible de los hornos. García de Céspedes expresa de la siguiente manera en qué consiste la segunda parte principal para la «fábrica de la artillería»:

> toda consiste en proporción y medida, porque en ella se trata de la forma que han de tener las piezas de artillería, que toda consiste en saber darles la medida que se requiere a cada cañón, en su género: porque unos es necesarios que sean largos, otros cortos, otros medianos; unos más reforzados que otros. Y es necesario conocer estas proporciones porque importa mucho, así para que hagan buen efecto como para que no se gaste el metal y el tiempo cuando no es menester.

El cosmógrafo e ingeniero burgalés incide a continuación en cuestiones de fundición, pero manteniendo la línea de no entrar en datos ni en especificaciones concretas de medidas:

> También al horno de reverbero se le tiene de dar su medida, para que el fuego haga mejor efecto en fundir el metal con mayor brevedad y que la hechura sea tan acomodada que no sea embarazosa al manejar de los moldes y sacar las piezas después de hundidas. También se tiene de hacer un ingenio para dar el barreno a los cañones, de suerte que se aventaje tiempo y trabajo.

Inmediatamente se refiere en el mismo tono a otras cuestiones de gran interés, como las relativas a las cucharas y al cálibo:

> Demás desto, se tiene de tener una medida para hacer las cucharas para la pólvora, para saber las libras que cada cucharada echa en la pieza, porque no se cargue más ni menos de lo que tiene de menester el cañón; y destas cuchares ha de haber mayores y menores. También se tiene de hacer otra medida, que los Artilleros llaman Cálibo, que sirve para medir las libras de hierro, o piedra que puede tirar el cañón.

Sigue el texto con los aspectos vinculados al transporte de las piezas:

> También se tienen de hacer los carros y cuareñas, con medida y proporción según la pieza que se tiene de poner en ellos. Demás desto, se tienen de hacer otros ingenios para facilitar el manejar de las piedras, así para ponerlas en sus carros como para marchar con ellas.

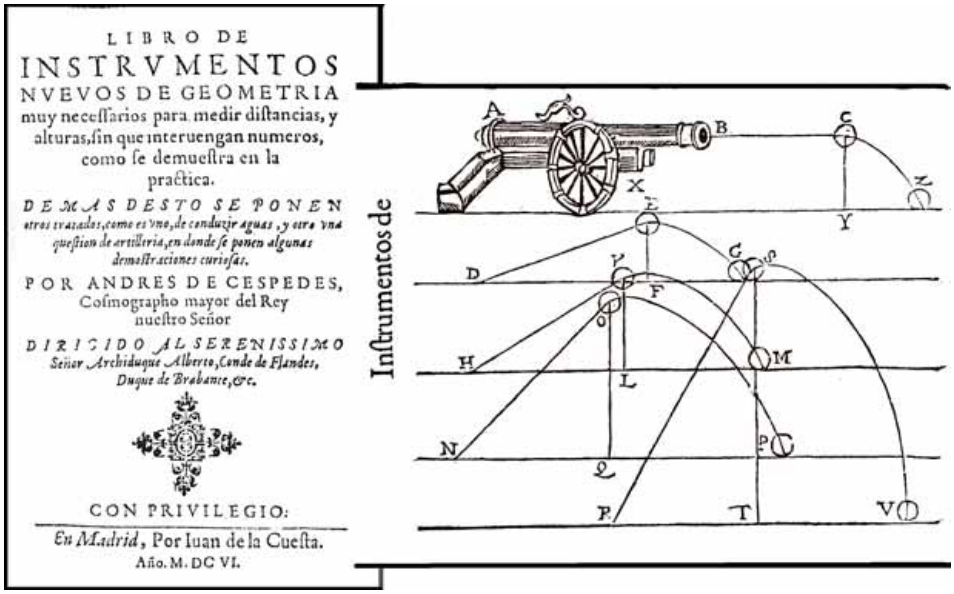
Concluye García de Céspedes el contenido de esta segunda parte con una referencia a la pólvora: «Los materiales de la pólvora también se tienen de proporcionar para que hagan mejor efecto, y hacer los ingenios para molerla». La tercera parte es la que recoge el «uso de la artillería» y lo define de la siguiente manera:

> consiste todo en Física y en Matemática [...] Pues queriendo tratar del uso de la artillería [...] lo primero mostrar en qué disposición se tienen de poner las piezas para que hagan mayor efecto, que es toda la intención y fin para que se hizo la artillería; y aunque hay muchos Artilleros que por experiencia tienen conocimiento en qué elevación hace mayor efecto, o alcanza más, pero no saben la razón de esto. Pues para que todos sean más diestros y no ignoren la causa porque una elevación hace mayor efecto que en otra y la variedad que puede haber en esto, disputaremos un poco en este punto.

El autor precisa a continuación que las dos primeras partes las desarrollará en un grueso volumen ilustrado con numerosos dibujos y que se detendrá en esta obra a explicar el fundamento.

Así, García de Céspedes dedica 18 páginas a demostrar geométricamente que la elevación o ángulo de mayor alcance es la que corresponde a 45° y a determinar el tipo de las trayectorias. Para ello, parte de la idea de que desde que la bala sale de la pieza y durante todo su movimiento actúan simultáneamente sobre ella dos «contrarios»: «El uno es el impelente, el otro es el resistente: El impelente es la fuerza de la pólvora, el resistente es la gravedad de la bala».

Añade que lo fundamental es la relación en cada momento entre el impelente y el resistente, de manera análoga a como planteó Tartaglia el problema. Pero con esa hipótesis de partida no llegó al tipo de trayectoria que alcanzó Tartaglia en su *Quesiti et inventioni diverse.* Obtuvo una intermedia entre la defendida en la *Nova Scientia* de tres secciones y la curva continua de esta última obra. García de Céspedes concluye su análisis aseverando que la trayectoria tiene dos partes, la primera es recta y la segunda es una curva que se va alejando de la vertical. Bien es verdad que resalta que la parte recta es casi siempre imperceptible por el ojo humano; de esta manera parece que en realidad considera que la mayor parte de la trayectoria es, como propuso Tartaglia, una curva continua, cuyo tipo no llega a precisar, pero rechaza que sea un arco de circunferencia. En el grabado que aparece ilustrando el texto (véase fig. 11.7)



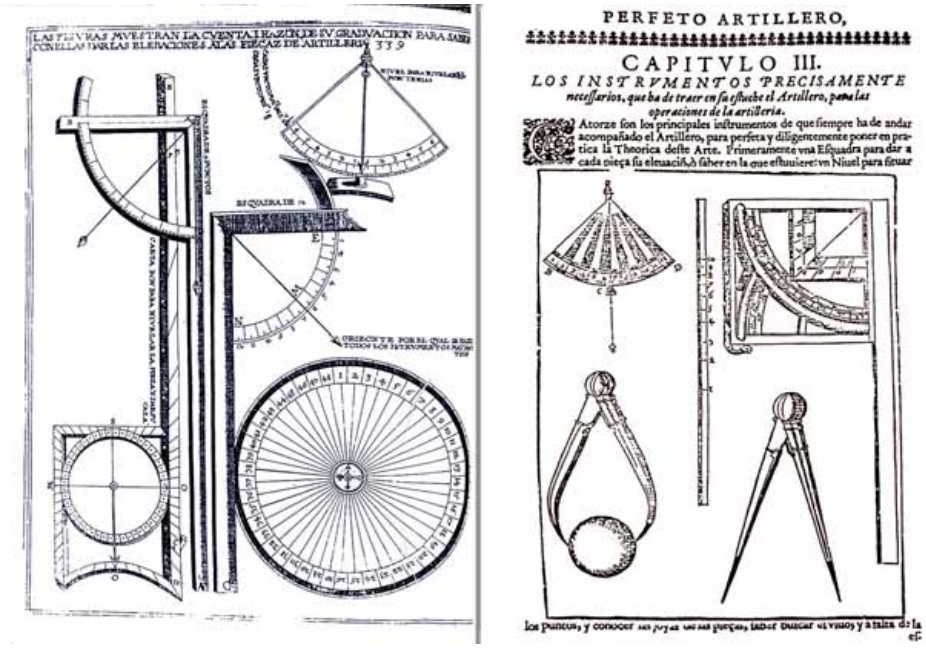
11.7. Andrés García de Céspedes:* Libro de instrumentos nuevos de Geometría, *1606.
Trayectoria con dos partes, recta y parábola.

se aprecian perfectamente la primera parte recta de las trayectorias; las segundas son fácilmente ajustables a parábolas, tanto más cuanto mayor es el ángulo de la pieza.

Por otro lado, el mismo autor no parece demasiado satisfecho de sus conclusiones, ya que promete seguir trabajando sobre el problema con las siguientes palabras: «Cuando trataremos esta materia de la artillería más de propósito se traerán más demostraciones acerca de este punto y se mostrarán los errores que en esta parte dijo Nicolao Tartalia». Pero, que se sepa, García de Céspedes no trató con más amplitud este problema ni llegó a otras conclusiones, pues no hay constancia de ello en ninguna de sus obras que se han conservado manuscritas.

A continuación, en *el Libro de instrumentos nuevos,* se incluye un extenso análisis denominado «Examen del Cálibo de los Artilleros». En él se explica un método geométricamente correcto y sencillo para determinar el cálibo de las distintas piezas, demostrando el autor un gran conocimiento y dominio de la geometría euclídea. Consiste en completar el instrumento conocido como «compás geométrico y militar» añadiéndole una regla que facilitaba su empleo por personas que carecieran de formación geométrica.

Extrañamente, el contenido de este capítulo XX dedicado a la artillería no tuvo, que conozcamos, influencia en los tratados posteriores. Posiblemente, pudo pasar inadvertido dentro de una obra mucho más amplia y de contenido estrictamente geométrico, que también fue prácticamente eclipsada al publicarse al mismo tiempo que



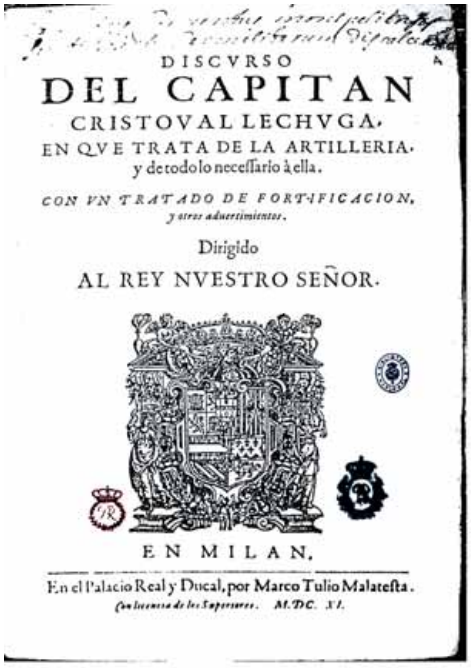
11.8. Instrumentos del artillero: *(1) Para determinar las elevaciones (D. Ufano:* Tratado de la Artillería, *1612; fig. 339); (2) Instrumentos del artillero (J. C. Firrufino:* El Perfeto Artillero. Theorica y Practica*, 1642; idéntica imagen aparece en su* Plática*..., de 1626).*

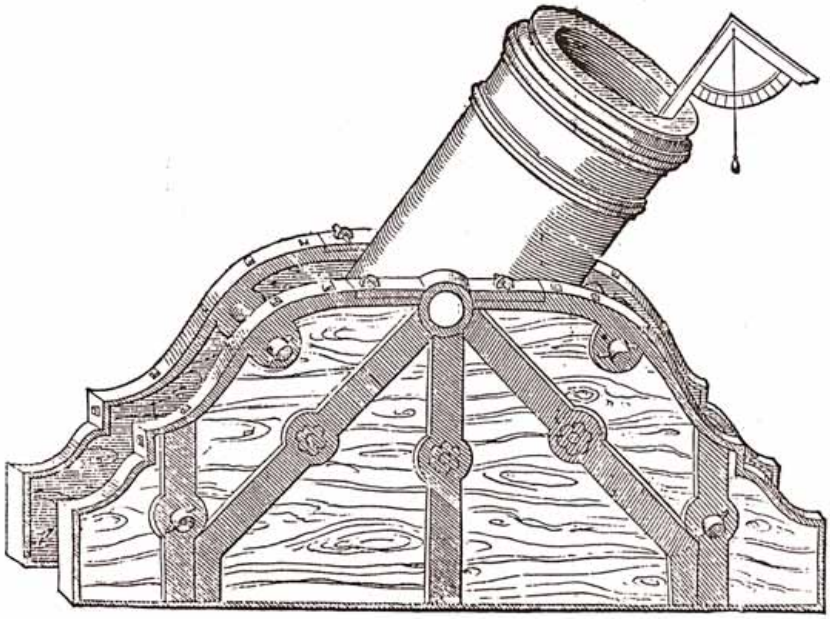
el *Regimiento de Navegación,* escrito asimismo por García de Céspedes y que tuvo una gran repercusión, tanto en España como fuera de ella.

También en 1606, pero en Padua, apareció otra obra de naturaleza geométrica muy relacionada con la artillería, O*perazioni del compasso geometrico e militare,* escrita por Galileo. Recoge la modificación realizada por el propio Galileo del compás geométrico y similar a la diseñada por García de Céspedes, que lo transformaba prácticamente en una regla de cálculo, algo realmente útil en un momento en que no se habían introducido todavía los logaritmos. En pocos años el compás de Galileo estará recogido en la gran mayoría de los tratados de artillería europeos.

Pocos años más tarde, en 1611 y 1612, aparecen dos publicaciones sobre artillería del mayor interés, tanto por su amplitud como por su utilidad e influencia. Escritas ambas en los mismos años por dos artilleros de gran experiencia y que colaboraron en distintas juntas y empresas, Cristóbal Lechuga y Diego Ufano.

El *Discurso del Capitán Cristóbal Lechuga, en que trata de la Artillería y de todo lo necesario a ella con un tratado de fortificación y otros advertimientos* apareció en Milán en 1611. Su autor nació en 1557 en Baeza (Jaén) y a los diecisiete años pasó a Flandes recomendado al capitán Sancho Dávila, quien lo presentó a D. Luis de Requesens para que empezase su carrera militar en la clase de soldado de Artillería.


DISCVRSO
DEL CAPITAN
CRISTOVAL LECHVGA.
EN QVE TRATA DE LA ARTILLERIA.
y de todo lo necessario à ella.
CON VN TRATADO DE FORTIFICACION,
y otros aduertimientos.
Dirigido
AL REY NVESTRO SEÑOR.
EN MILAN,
En el Palacio Real y Ducal, por Marco Tulio Malatesta.
Con licencia de los Superiores. M.DC. XI.



11.9. Cristóbal de Lechuga:* Discurso de la Artillería, *1611. *Midiendo el ángulo de elevación de la pieza (fol. 70).*

Poco tiempo después el capitán escribió a la persona que le había hecho la recomendación: «El mozo es resuelto y entendido; dile plaza en la Artillería y paréceme que andando el tiempo ha de venir a mandarla, con tal afición le veo aplicado al estudio de Collado».

Poco tiempo después intervino en batallas, siempre como artillero. Participó en los sitios de Huy y Chatelet (Bélgica), Huist (Holanda) y Dorlans, Calais, Cambray y Amiens en Francia. En Huist fue herido y tomó el mando después de que los cuatro jefes de artillería que le precedieron fueron muertos o heridos. En Cambray empleó por primera vez las baterías enterradas y fue tal el efecto producido que se consiguió la rendición de la plaza. En Dorlans obtuvo gran éxito con diez piezas que retiró del sitio y transportó «sin armones, la boca adelante, la contera arrastrando y los caballos enganchados en unos garabatos (ganchos de hierro) puestos al costado de las gualderas (partes laterales de la cureña)». De esta forma pudo acudir oportunamente en ayuda del conde de Fuentes, quien debía oponerse a las tropas del conde de Villars que acudía en socorro de la plaza. Se logró una victoria total, a causa, en gran parte, del apoyo proporcionado por Lechuga. No se sabe cuándo ni dónde falleció. En la catedral de Baeza, su tierra natal, hay un monumento funerario quizás vacío, pues en la leyenda que allí aparece se lee: «Aquí yace Cristóbal Lechuga, soldado relevante, nacido en Baeza en MDLVII».

Los extraordinarios servicios de Cristóbal de Lechuga en la milicia le merecieron el más alto aprecio y consideración de D. Juan de Austria primero, y de Alejandro Farnesio y del conde de Fuentes posteriormente, ambos del Real Consejo de Guerra. Su prestigio como experto artillero fue tan alto que consiguió que a instancias suyas se limitara el número de géneros y tipos de las piezas de artillería, que en esos momentos alcanzaba el medio centenar: En 1608, Lechuga, Ufano y el fundidor Sumarriba solicitaron una reforma del sistema de artillería que redujera el número de géneros, tipos y subtipos de las piezas de artillería. A pesar del informe en contra del capitán general D. Juan de Mendoza, el archiduque Alberto, gobernador de los Países Bajos, dispuso en 1609 que se redujesen a cuatro calibres las piezas que salieran de las fundiciones de estos territorios (libra, aprox. 460 g; pie, aprox. 22 cm; arroba, aprox. 11,5 kg):

	Calibre de proyectil	**Longitud del ánima**	**Peso de la pieza**
Cañón* o *cañón de batería	40 libras	19 diámetros, en torno a 18 pies	250 arrobas
Medio cañón	24 libras	21 1/3 diámetros, en torno a 19 pies	160 arrobas
Cuarto de cañón	10 libras	27 diámetros, en torno a 24 pies	70 arrobas
Octavo de cañón* o *pieza de campaña	5 libras	40 diámetros, en torno a 32 pies	100 arrobas

El *Discurso del Capitán Cristóbal Lechuga* le fue encargado por el gobernador de Milán, el conde de Fuentes, para ser utilizado como texto en la Escuela de Artillería que había sido promovida en los primeros años del siglo XVII para formar a doscientos artilleros. Se le pidió que recogiera en un texto sus conocimientos en los diferentes aspectos de la artillería, la mayoría de ellos ya materializados en las distintas campañas vividas durante más de treinta años. Por ese motivo el tratado fue editado con cargo a las cuentas reales, dedicando por ello el autor la obra a Felipe III.

De gran extensión, 279 folios (es decir, 558 páginas de 33 cm), la obra comienza con el trazado que debían tener las piezas de artillería, dividiéndolas en los tipos cuya adopción había propuesto él mismo en 1609. La artillería de la primera mitad del siglo XVI se componía de una amplia gama de piezas, algunas de ellas extraordinariamente pesadas, irregulares para el empleo y casi inmanejables en campaña. Aunque en tiempos de Lechuga ya habían mejorado considerablemente, reduciendo su peso y tamaño, todavía se empleaban un gran número de tipos: diversas culebrinas, que lanzaban balas desde cinco a veinte kilogramos; cañones de distintos tamaños que arrojaban proyectiles de veinte a cincuenta kilogramos; y una gran variedad de otras piezas, como pedreros, trabucos, dragones, áspides, basiliscos, serpientes, serenas, pelícanos, sacres, falconetes y falcones, gerifaltes, ribadoquines, esmeriles, despertadores, sitiantes, trabucantes, rebufos, berracos, etc.

Explica Lechuga en su *Discurso* las razones que aconsejan la reducción de los tipos de piezas a fundir en los territorios de la Monarquía Hispánica. Admite seis como aceptables: el cañón, su medio, y cuarto, la culebrina, media, y cuarta, pero fijando con precisión los calibres de los cañones en 150, 130 y 100 milímetros, y los de la culebrina en 120, 90 y 75 milímetros[23]. Aunque su verdadero dictamen era todavía más riguroso y restrictivo: mantener únicamente las tres especies de cañón citadas y el cuarto de culebrina; cuatro tipos de piezas que juzgaba suficientes para todas las operaciones de campaña y que en su conjunto casi coincidía con lo dispuesto por el archiduque[24].

Con el fin de que la reforma aprobada en los Países Bajos se llevase cuanto antes a la práctica y no se demorase por falta de información, trata con el mayor detalle sobre las dimensiones y refuerzos de las seis piezas de su sistema; modo de diseñarlas y su fundición. Explica todo lo que era necesario realizar, desde la formación de los moldes hasta desenterrar (del horno) las piezas, limpiarlas, barrenarlas, pesarlas y dispararlas para comprobar su perfecta fábrica.

El capítulo VII está enteramente dedicado a la fundición de las seis piezas, así como la de los morteros y petardos. El texto, ilustrado con 33 figuras o dibujos muy detallados y elaborados, explica con detenimiento las distintas fases de la fabricación

[23] Lechuga utiliza el «diámetro de la bala» como unidad de medida para todas las dimensiones de cada pieza. De manera que el tamaño de la bala va a determinar todas las características de la pieza.
[24] El octavo de cañón es una pieza bastante similar al cuarto de culebrina.

de las piezas, especificando y facilitando datos concretos sobre la naturaleza de los moldes, sobre el funcionamiento de los hornos y también sobre la composición del metal, información que no es posible encontrar en tratados anteriores, como el de Collado, ni tampoco en posteriores, como el de Firrufino[25].

Para entender mejor lo que se acaba de decir, se reproducen los textos que acompañan a las figuras 26 y 27 (la fig. 11.4.1 presenta la ilustración correspondiente a la n.º 26, pero tomada del tratado previo de Collado de Lebrija):

> La figura 26 muestra cómo romper las piezas con fuego, que se hace con un horno que abrace dentro de sí la parte de la pieza por donde se quiere romper, y dentro de él se hace fuego de carbón, ayudándole con fuelles, hasta que la pieza esté bien caliente; y cuando lo está, se deshace el horno deprisa, y se le da con una maza de hierro poco pesada un golpe, o más, en la parte caliente; golpe a golpe se rompe con gran facilidad, mirando que para hacer el efecto, se pone la pieza un poco alta para que el golpe la halle en vacío, de manera que tenga lugar la de hacerse cumplida la rotura conforme a su grosor.
>
> La figura 27 muestra el horno ardiendo, con su metal dentro, que se compone de cobre y estaño, dándole a cada cien libras de cobre nuevo, de ocho a diez de estaño [...] Ha de procurar el fundidor, pareciéndole que está bien derretido el metal, se dé media hora más de fuego fuerte, sin cesar hasta que no quede ninguno en el horno, porque cuanto más caliente saliere el metal, tanto más limpias, firmes y macizas saldrán las piezas.

Con el fin de facilitar el manejo de los tubos fundidos, todavía de enormes pesos, Lechuga inventa una cabria especial, y perfecciona distintos instrumentos artilleros, especialmente las cucharas. Incluso se preocupa de detalles menores, como la sustitución de las asas rectangulares de los cañones por dos delfines (asas labradas con la forma de este mamífero en la parte superior del tubo de la pieza), que aparte de ser un motivo más artístico sirven mejor como refuerzo, y que desde entonces fueron elementos habituales.

Para que la composición de toda la artillería sea uniforme, estudia igualmente en la última parte del capítulo VII, con un lenguaje sencillo y directo, los morteros, arcabuces y mosquetes. También los petardos (artificios empleados para realizar pequeñas destrucciones), que consistían en vasos de bronce llenos de pólvora que se colocaban adosados a las puertas de las fortalezas enemigas, sin olvidar la fabricación de fuegos artificiales para festejos.

Teniendo en cuenta la importancia del montaje y traslado de las piezas, introduce una serie de mejoras en las cureñas y en los carruajes, que explica en el tratado con

---

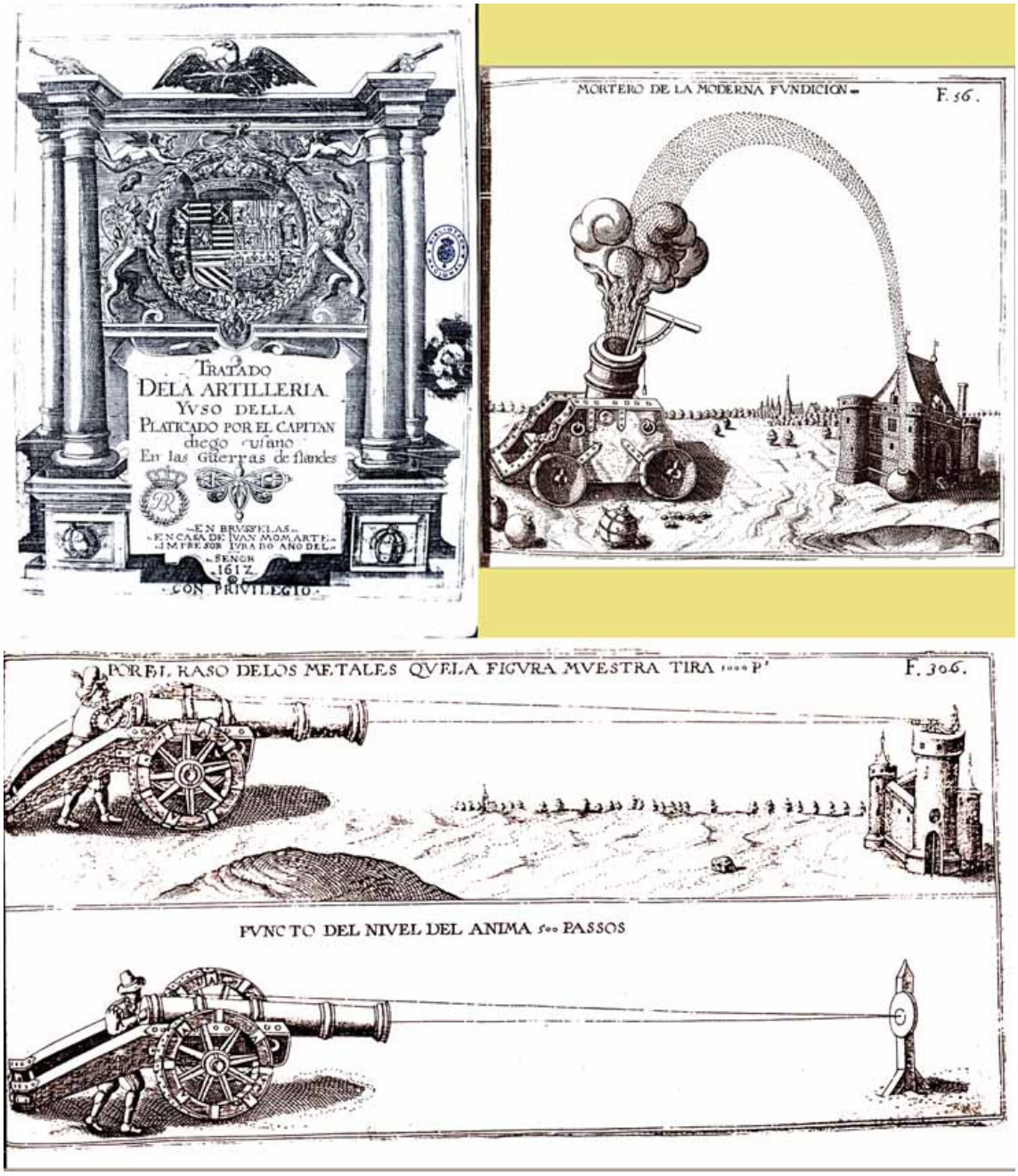
[25] Resulta sorprendente el que se permitiera a Cristóbal Lechuga publicar con tanto detalle el proceso de fundición de las piezas de artillería, mientras que a otros tratadistas de la época se les denegó tajantemente la edición. Basta recordar que el *Epítome de Fundición* de Julio César Firrufino (1626) fue directamente enviado al Archivo Real, y es difícil imaginar que proporcionara más datos que los publicados en el tratado de Lechuga.

minuciosidad con ayuda de dibujos muy detallados en los capítulos VIII a XIV. Del mismo modo que en su obra procura mejorar la fabricación del material, también intenta perfeccionar su empleo, incluyendo aspectos relativos al más adecuado emplazamiento de la artillería en campaña. Así, fue el primero que ordena aproximar las baterías hasta la contraescarpa (pared del foso de una fortificación que está al lado exterior) de las fortalezas, en contra de la opinión de sus contemporáneos que propugnaban emplazarlas lejos del alcance de las defensas. Para protegerse de ellas, idea el sistema de «baterías enterradas» (resguardadas o protegidas en una «mina» o trinchera), que empleó por primera vez en el famoso sitio a Cambray. Como no siempre era favorable el terreno para la construcción de minas, suple este inconveniente valiéndose de faginas (haces de leña muy apretada) o cestones rellenos con tierra o ramas, colocados a vanguardia de las piezas, para su resguardo y el de los artilleros, método que se extiende entre todos los ejércitos europeos. También inventa las cureñas de plaza, mucho más útiles y a propósito para ser colocadas en los baluartes. Todas estas innovaciones y mejoras aparecen detalladas y justificadas en su *Discurso.*

En el capítulo XVI, «De la pólvora y provechos que de hacerla fina se sacan», defiende utilizar un único tipo de pólvora, para las piezas de artillería y para los arcabuces y mosquetes, tanto por economía como por eficacia. Recomienda Lechuga que la pólvora debe ser «fina», es decir, tanto el salitre como el carbón y el azufre debían estar «refinados» (sin ningún tipo de impurezas) y además molidos en grano muy menudo. Aconseja como la más adecuada la elaborada con 6 partes de salitre, una de carbón y otra de azufre, que considera mejor que la utilizada más frecuentemente de aproximadamente 7,5 partes de salitre, 1,5 de carbón y 1 de azufre. La mayor potencia de la primera favorece el que se consigan los mismos alcances con cargas menores de pólvora, lo que determina la posibilidad de realizar un mayor número de disparos con una misma provisión de pólvora. Así mismo, dedica unos párrafos a comentar ciertas modificaciones en el proceso de fabricación de la pólvora, con el fin de disminuir el riesgo de explosiones y hacer esa manipulación más segura.

En un extenso capítulo XVII, «En que se trata lo que deben saber los que mandaren en la Artillería y los Artilleros curiosos», que Lechuga aclara está sacado en su mayor parte de «un tratado que el capitán Gabriel de Busca Milanés, ingeniero de Su Majestad y Capitán de Artillería hizo y en el que se declaró lo que los Artilleros deben saber», se expone todo lo relacionado con la práctica de tiro y con la prueba de las piezas. Comienza la exposición con un apartado en que se precisan «Las condiciones que ha de tener un artillero»:

> ha de ser mozo en edad, de complexión robusta y gallarda, para poder servir largamente y resistir a los muchos trabajos de su ejercicio, y sobre todo que sea animoso y de buen corazón [...] Su vestido debe ser sucinto, de cosa fuerte y que resista al fuego y al agua; de donde viene que los más visten de pieles de cabra o de búfalos, particularmente el jubón, o coleto, porque no se le pega el fuego fácilmente. Esto cuando van a campaña.



11.10. Diego Ufano: **Tratado de la Artillería y uso della... en las Guerras de Flandes, *1612*.**
Tiros por el primer y segundo sector: (1) Mortero de la moderna fundición (F. 16); (2) El tiro por el raso (F. 306).

Sigue el texto con «Instrumentos que pertenecen al artillero»:

> debe tener un cuerno capaz, al menos, para dos o tres libras de pólvora; un Botafogo, el cual se suele hacer con dos cabezas de serpiente, para tener la cuerda encendida por dos cabos, uno para las piezas gruesas y otro para las chicas; una barrena un poco larga; dos compases, uno con las puntas torcidas y otro derechas, el de las curvas para tomar la medida de las balas y otras operaciones, y el derecho para hacer la cuchara; una reglilla de hierro o latón sobre la que estén señalados los diámetros de las balas y su peso, de plomo, de hierro y de piedra, que llaman calibre, para que con el compás de las puntas curvas, tomando el diámetro de las balas, se sepa por el calibre lo que pesan. Es menester, además de todas estas cosas, un pequeño nivel cuadrante, para saber las elevaciones de las piezas cuando se ha de tirar de bolada, apuntar una pieza y cosas semejantes; y asimismo, lo necesario para hacer fuego siempre que quiera.

Resulta muy ilustrativo comparar este párrafo con el equivalente contenido en la obra de Julio César Firrufino trascrito también más arriba. Para este autor, un ingeniero no militar, el equipamiento de un artillero estaba provisto, como vimos, con muchos más instrumentos geométricos y más complejos. Para Lechuga, capitán de artillería, bastan dos compases, una reglilla y un pequeño nivel cuadrante.

A continuación, el capítulo XVII va desarrollando con gran sencillez y claridad un gran número de temas, entre los que podemos destacar: «Cómo se ha de cargar la pieza de artillería»; «Cuál es la causa de que la pieza se rompa, más a menudo en el lugar en donde está la bala que en cualquier otro, y por qué sucede el romperse más presto tirando más alto del horizonte que a su igual o más bajo»; «Medida de la distancia de los tiros, que ordinariamente se sabe que tiran las piezas»; «Por qué razón las piezas más largas echan la bala más lejos que las cortas»; «Cómo se ha de apuntar una pieza de artillería, para tirar de puntería»; «Instrumento que se requiere al artillero para tirar bien de bolada y de la elevación, inclinación, acrecentamiento y disminución de los tiros»; «Por qué los tiros cuanto más se alzan sobre el plano del horizonte, más se van alargando y creciendo en violencia»; «Si es posible que dos piezas de artillería semejantes, iguales y con igual peso de pólvora, puedan hacer diferentes efectos»; «De las balas de diferentes materias, pero de un mismo diámetro, cuál irá más lejos, la más pesada o la más ligera»; «Si de noche, podemos valernos de la artillería».

Las contestaciones de Lechuga a todas las cuestiones están basadas en la experiencia, recurriendo a muy escasas demostraciones geométricas, en todo caso muy sencillas. La idea básica que se defiende es que no hay dos piezas idénticas y que cada una necesita una carga específica de pólvora y una presión de esta muy concreta. Además, aclara que cada pieza tiene un comportamiento distinto a medida que se va calentado con los tiros, de forma que estos van teniendo menor alcance.

A los problemas planteados les intenta dar respuestas basadas en razonamientos en los que se consideran las propiedades de los metales, de la pólvora, del aire, etc., según los conocimientos de la época, pero estos normalmente acaban llevando al autor a conclusiones contrapuestas, por lo que siempre termina con la solución dada por la experiencia, aunque no coincida con la obtenida teóricamente.

El *Discurso* de Lechuga contiene unos «advertimientos a Su Majestad», que añade al final de algunos capítulos, y que constituyen un conjunto de consejos y de ruegos o solicitudes sobre temas de distinta naturaleza: personales o humanos y políticos o del campo de la estrategia.

Así, propugna que bajo la dirección del general de la Artillería se forme en la corte una academia para doce ingenieros al menos, exponiendo las ventajas tanto militares como civiles de su posible aplicación:

> viniendo Vuestra Magestad en hacer lo dicho consideren sus Consejos los provechos que a España le podrían venir de tener personas necesarias a cuanto se les ofreciere de ingenios y muchos soldados, que con la Teoría de la Academia vendrán a serlo, más presto en la práctica, y fuera de esto tener quien sirva la Artillería con la seguridad de que sabrá para sí y para enseñar a los demás de ella.

Un poco más adelante incluye un apartado con el epígrafe «A los ingenieros», donde expone un conjunto de opiniones y consejos, entre los que destaca el siguiente en relación con la actitud orgullosa de algunos ingenieros, que no se dejan aconsejar por las personas expertas:

> De esto hablo con tanta experiencia como quien ha visto mandar en la guerra se hiciere y siguiere el parecer de Ingenieros de gran ciencia, dándolo contra el de soldados de experiencia y que de hacerse han venido los Ingenieros a desengañarse tanto que vi jurar a algunos de no fiarse jamás de su ciencia, sin tomar parecer de quien tenía experiencia y cumplirlo, acertando, de allí en adelante todas sus cosas bien. Porque al Ingeniero que toma parecer, todos los soldados le advierten y no le dejan errar, aunque sea a costa suya, que todo esto puede una inconsiderada o poco prudente resolución de un opinante Ingeniero, si conoce que el Príncipe y el Capitán General le creen y siguen solo su parecer, sin las consideraciones y ayudas de compañeros, que digo le han de dar siempre para que acierte.
>
> Porque el principio de los Ingenieros es saber todas las cosas de fábricas, tanto militares como políticas, solo por líneas y demostraciones, sin experiencia alguna, bien podrán valerse del parecer de los que la tienen, aunque no tengan ciencia para mejor obrar y venir a hacerse prácticos; esto sin puntillos ni fantasías vanas, pues la experiencia de fábricas políticas la alcanzan los Ingenieros, aunque sepan todo lo que dicen, de los maestros albañiles y de los carpinteros que, en efecto, aunque mudos maestros, son los que saben obrar aunque les falte ciencia.
>
> Y si esto me negare alguno en particular, forzosamente me concederán todos juntos que no perderán nada y ganarán mucho en tomar parecer de soldados, para lo que han de hacer y obrar en campaña y fuera de ella en fortificaciones.

Y concluye explicando su opinión de exigir amplia experiencia a los aspirantes a ingenieros para poder ingresar en la academia:

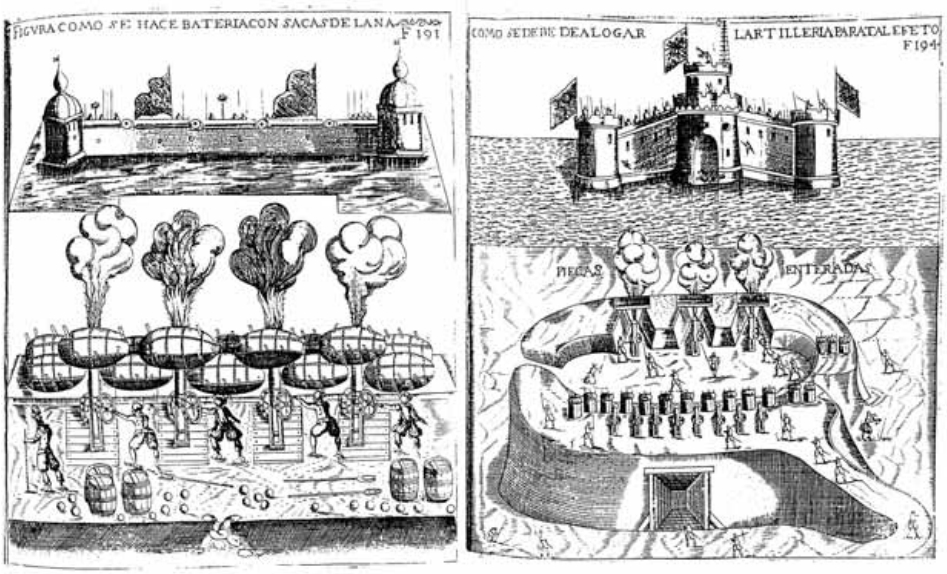
> Pruebo lo dicho con que los Ingenieros que se han de recibir en el Colegio que hay de ellos en Milán, han de haber estado cuatro años continuos siguiendo a uno de los Ingenieros de experiencia, antes de venir al examen que hacen para ser admitidos; de manera que la ciencia, por grande que sea, sin la experiencia no les vale para que a sus obras, estimaciones y pareceres se dé crédito, no siendo inscritos en el día útil en que se inscriben los Ingenieros aprobados.

> De lo dicho, saquen los Ingenieros que, si para serlo de medir terrenos, dividir herencias, hacer particiones, estimaciones de fábricas y de cualquier otras cosas de campaña, guiar aguas y juzgar diferencias de ellas, no le vale la ciencia sin experiencia, cuánto más razón será que en las obras de arquitectura militar no se fíen de ellos, hasta que la experiencia de ellas los haya hecho maestros de quien solo se pueden fiar.

Así de claro deja Cristóbal de Lechuga que, en su opinión, el conocimiento científico no sustentado en una extensa experiencia previa no tiene ninguna utilidad ni fiabilidad.

La última de las obras españolas de artillería que aquí se considera es el *Tratado de la Artillería y uso della platicado por el capitán Diego Ufano en las Guerras de Flandes*. Fue impreso en Bruselas, en Casa de Juan de Momarte, en 1612 y posiblemente sea la obra artillera que más se difundió en Europa a lo largo del siglo XVII. Fue traducido al francés y al alemán y reimpreso varias veces, además de servir de modelo a obras extranjeras. Así, por ejemplo, en su tratado *The Gunner, shewing the whole Practise of artillerie,* 1628, el inglés Robert Norton se presenta como compilador de Niccolò Tartaglia y Diego Ufano. El francés Nicolas-Francois Blondel, en *su L'art de jetter les bombes,* 1683, dedica tres capítulos del libro segundo a estudiar y criticar las aportaciones de Ufano a la luz de los nuevos conocimientos, especialmente la dinámica de Galileo.

El *Tratado de la Artillería* fue escrito al mismo tiempo que Lechuga redactó su *Discurso,* y ambas obras tienen muchas semejanzas, como es lógico considerando la relación que existía entre sus autores y el paralelismo de sus experiencias militares. La



11.11. Protección de las piezas: *(1) Batería con sacas de lana (fig. 191); (2) Piezas enterradas (fig. 192). Ambas, del* Tratado de la Artillería*, 1612, de Diego Ufano.*

obra de Ufano, muy extensa (423 páginas), está profusamente ilustrada con 398 grabados; muchos de ellos pueden considerarse auténticas obras de arte, en la línea de los que figuran en los tratados de Collado y Lechuga. Posiblemente por esta profusión de imágenes su edición llegara a ser realmente costosa, aunque esto no supuso ningún problema, pues fue financiada por el archiduque Alberto, gobernador de los Países Bajos, esposo de la infanta Isabel Clara Eugenia, hija de Felipe II.

Ufano estudia los aspectos teóricos y prácticos de la artillería, incorporando los conocimientos y experiencias debidos a otros autores españoles, en particular a Luis Collado de Lebrija, junto a los suyos propios, pues había trabajado muchos años como ingeniero militar al servicio del ejército español en Flandes, bajo las órdenes del general de artillería Luis Velasco. También recoge muchas de las innovaciones debidas a Cristóbal Lechuga, que no están sacadas de su *Discurso* sino del conocimiento que tenía de ellas tanto por su relación directa con él como por el empleo de muchas de esas innovaciones desde hacía años en las campañas de los ejércitos españoles.

El tratado lo divide en tres partes, cuyos títulos reproducimos literalmente:

> En la primera se muestra la traza de las piezas de artillería antigua y moderna, así por plática como por figuras y la razón que deben tener en su fundición.
>
> En la segunda se declara la Theórica y Plática del estado de la Artillería, en forma de diálogo entre un General y un Capitán, donde se declara por cuestiones lo que a tal exercicio mejor conviene, así en las baterías como en los materiales, pertrechos y otros ingenios incógnitos, importantes al manejo y uso de la guerra.
>
> En la tercera se trata del primor, doctrina y escuela que más necesaria es a la platica de los artilleros y cómo se pueden gobernar, en la composición de los juegos artificiales, así de guerra como de salvas.

La primera se subdivide en nueve capítulos referidos a la historia de la artillería, descripción de los diferentes tipos de piezas, sus pesos y el de las balas, cantidades de pólvora necesarios, longitud de calibres, etc. Detalla estos datos para los diversos tipos de piezas en cada uno de los tres grupos, que llama legítimos, bastardos y extraordinarios, añadiendo además los que llama reforzados, comunes y disminuidos, con lo cual reúne un conjunto de datos prácticos para más de cincuenta tipos de piezas de artillería usadas en aquel tiempo. En lo referente a los procesos de fundición de las piezas, el contenido está en la línea de lo expuesto por Collado, siendo, por lo tanto, inferior en detalle y en concreción a lo tratado por Lechuga en su obra.

Analiza Ufano en la segunda parte de su obra las obligaciones de cada uno de los que han de servir en la artillería, según su cargo, además de hacer cálculos del personal suficiente para utilizarla con eficacia y del material complementario necesario para la formación de un tren de batir, concluyendo que la proporción adecuada de piezas y hombres es la de una pieza por mil soldados.

En la parte tercera, dedicada de balística, siguiendo el esquema de Tartaglia, descompone la trayectoria del proyectil en tres fases: movimiento violento (recto), mixto

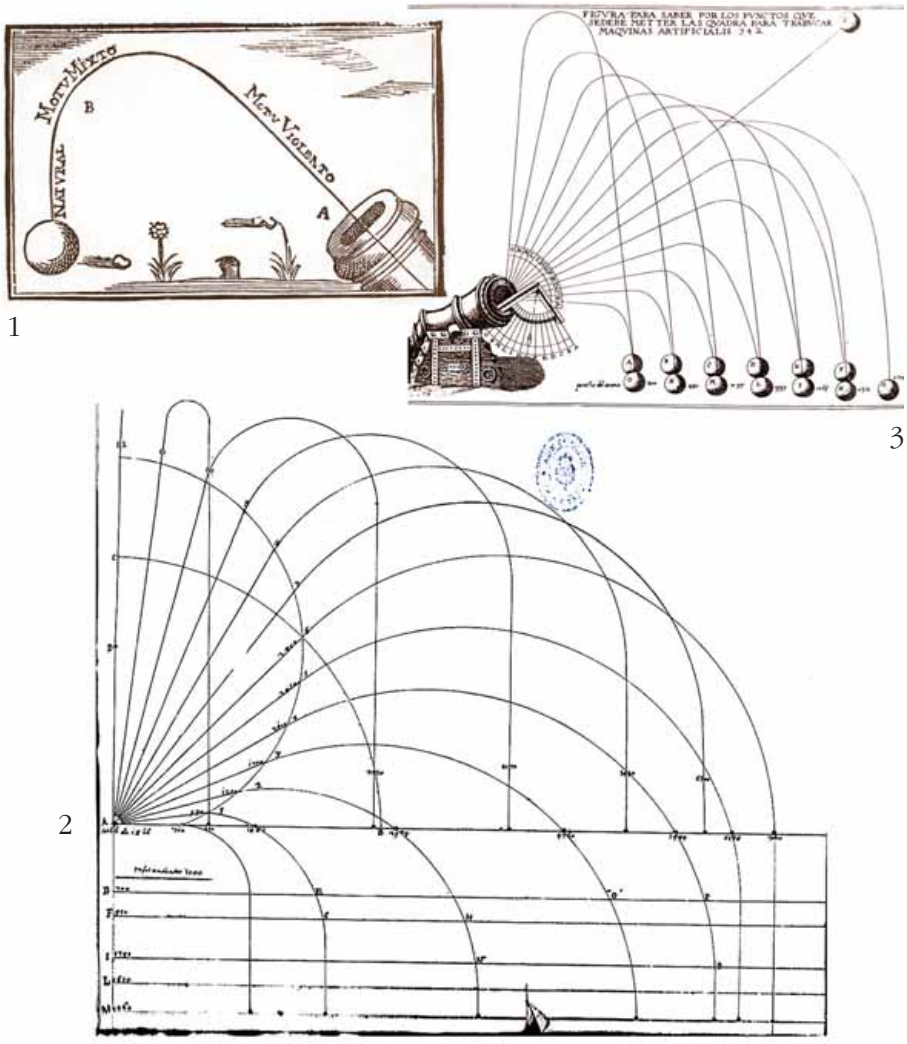
(arco de círculo) y natural (recto). Pero además, aporta algunas novedades. Así, enuncia sin demostrar la igualdad de alcance, en el tiro de proyectiles, para ángulos de tiro complementarios. Propone también una regla para calcular alcances, consistente en hallar, por ensayo o prueba, el alcance de la pieza concreta para el tiro horizontal y asignar los alcances para cada grado de elevación de modo que los incrementos de los mismos seguirían una progresión aritmética, decreciendo regularmente hacia el máximo. Se advierte así, junto al empirismo característico de este tipo de obras, un deseo de encontrar las leyes generales y matemáticas que rigen el tiro de proyectiles. Este planteamiento confiere al tratado de Ufano un mayor nivel que el alcanzado en el capítulo XVII del texto de Lechuga, aunque este, por su mayor detalle práctico, posiblemente pudiera ser más útil al artillero.

Ufano trata, por último, de numerosas cuestiones de ingeniería: salvamento de navíos hundidos, construcción de pasarelas y puentes, utilización de buzos para extraer piezas hundidas y preparación de artificios de iluminación y fuegos artificiales con carácter lúdico, con una ingeniosa barca-puente doble de invención suya. Por otro lado, entre las informaciones que aporta sobre las actividades de otros ingenieros, merece la pena destacar las que recogen las experiencias hechas por Collado en Nápoles con una culebrina de gran longitud de caña, disminuyendo esta por cortes sucesivos, para determinar cuál era la longitud que aseguraba el mayor alcance.

Posiblemente, el gran número de innovaciones técnicas que contiene el texto fue la causa de que tuviera una gran difusión en Europa durante más de cincuenta años, conociéndose tres ediciones en castellano, cuatro en francés y en alemán y dos inglesas.

Desde 1612, en que apareció el tratado de Ufano, hasta 1626, en que salieron a la luz los de Firrufino y Gentilini, obras con las que abrimos este capítulo, no se publicó en Europa ningún trabajo realmente relevante sobre artillería; acaso solo pueda mencionarse el debido al ingeniero romano Pietro Sardi.

En 1621 apareció *L'Artiglieria di Pietro Sardi, Romano, divisa in tre' Libri. Nel Primo dei quali si discorre sopra la Machine Antiche. Nel secondo, si tratta che cosa sia Artiglieria. Nel terzo Libro si tratta con somma facilita et ordine chiaro dell'Uso di tale Artiglieria* (Venecia, Giovanni Guerrigli). El autor fue un reputado ingeniero que participó en diferentes batallas en Italia, Alemania y los Países Bajos y que recogió al final de su vida en este tratado sus experiencias sobre la artillería y sus consecuencias en el desarrollo de la fortificación. La obra, de menor extensión que la mayoría de las ya citadas, 130 páginas en folio, está dividida en tres partes: en la primera, la más breve, se analiza la artillería antigua o, mejor dicho, las armas ofensivas de propulsión utilizadas en la Antigüedad. La segunda parte se refiere a la fabricación de pólvora y cañones, con datos muy interesantes sobre la fundición de metales y sobre las distintas pruebas que había que hacer a las piezas para comprobar su bondad y eficacia. La tercera, la más extensa, se dedica a una multitud de temas, la mayoría relacionados con la arquitectura militar, pero también a otros como el transporte de las piezas arti-



11.12. Trayectorias balísticas, según diversos tratadistas: *(1) Luis Collado de Lebrija:* Prattica Manuale*, 1586; (2) Diego de Prado:* Obra manual de la Artillería*, 1591, Biblioteca Nacional, Ms. 9024; (3) Diego Ufano:* Tratado de la Artillería*, 1612.*

lleras o la fabricación de pólvora. El tratado tuvo gran difusión en Europa a lo largo del siglo XVII, pero fue escasamente apreciado en España. Posiblemente la causa fuera el que casi todo su contenido referente a la artillería, especialmente los aspectos que acabamos de detallar, resulta ser sospechosamente parecido al que se recoge en capítulos similares del *Discurso del Capitán Cristóbal Lechuga,* obra que había sido publicada diez años antes.

V

Consideraciones finales

La inclusión de la geometría en los tratados de artillería se produjo a partir de 1550 de manera gradual, beneficiándose de los progresos expuestos en obras estrictamente geométricas redactadas por matemáticos. El origen y desarrollo de la balística en este período fue fruto de matemáticos no vinculados al ejercicio de la artillería, aunque sus hipótesis se incorporaron enseguida a los principales tratados, en donde se recogían los resultados alcanzados al contrastarlas con la práctica artillera.

Luis Collado demostró mediante el disparo de piezas que la relación entre el alcance de la bala y el ángulo de la pieza no es lineal y que el mayor alcance corresponde al ángulo de 45°. Diego Ufano obtuvo también mediante la práctica artillera que los alcances de la bala correspondientes a ángulos complementarios son iguales. Álava y Viamont publicó las primeras tablas con el alcance de los proyectiles en función del ángulo de la pieza y propugnó teóricamente que las trayectorias de las balas son curvas simples.

García de Céspedes enunció que desde el instante inicial sobre la bala actúan simultáneamente la fuerza impulsora de la pólvora y la «gravedad» de la bala. También mejoró el compás geométrico, al mismo tiempo que Galileo.

Cristóbal Lechuga, para proteger las piezas de artillería en campaña, diseñó el sistema de «baterías enterradas» y desarrolló las faginas y cestones. Introdujo mejoras en las cureñas, inventó las «cureñas de plaza» y perfeccionó el sistema de anclaje de las piezas en los carros de transporte. Ufano desarrolló mejoras técnicas en distintos ingenios, destacando su barca-puente doble que fue empleada con frecuencia por los ejércitos españoles en los Países Bajos y en Italia.

Los temas relacionados con la fundición de las piezas de artillería fueron recogidos en pocos tratados, tanto españoles como extranjeros, ante el riesgo de no conseguirse la licencia para la publicación, al ser considerados conocimientos con alto valor estratégico. A pesar de ese obstáculo, y gracias al apoyo del gobernador de Milán, el conde de Fuentes, Cristóbal Lechuga publicó en su *Discurso* el análisis más completo y detallado sobre la fundición de las piezas de artillería aparecido en Europa hasta 1640. En él aconseja diversas mejoras relacionadas especialmente con los moldes, con la alimentación de los hornos y con los diseños de las cucharas. Además, ideó un nuevo tipo de cabria para levantar los tubos de los cañones en la fundición.

En resumen, los tratados de artillería más completos y rigurosos producidos en Europa durante el período 1530-1630 fueron escritos por autores españoles, destacando especialmente las obras de Collado de Lebrija, Lechuga y Ufano, los tres formados como artilleros en las campañas militares de Italia y los Países Bajos.

Bibliografía

Almirante, J.: *Bibliografía militar de España,* Madrid, Imp. M. Tello, 1876.

Aránteguiy Sanz, J.: *Apuntes históricos sobre la Artillería española en los siglos xiv y xv,* Madrid, 1887.

— *Apuntes históricos sobre la Artillería española en el siglo xvi,* Madrid, 1891.

Boas., M.: *Il Rinascimento scientifico, 1450-1630,* Milán, 1981.

Cámara Muñoz, A.: «Los tratados de Arquitectura Militar», en *Arquitectura y Sociedad en el Siglo de Oro,* Madrid, El Arquero, 1990.

De los Ríos, V.: *Discurso sobre los ilustres autores e inventores de Artillería que han florecido en España desde los Reyes Católicos hasta el presente,* Memoria VI del tomo iv de la Real Academia de la Historia, Madrid, 1802.

Manzi, P.: *Architetti e Ingegneri Militari Italiani dal secolo xvi al secolo xviii. Saggio bio-bibliografico,* Roma, 1976.

Merino Peral, E.: *El arte militar en la época moderna: los tratados «de re militari» en el Renacimiento, 1536-1671. Aspectos de un arte español,* Madrid, Ministerio de Defensa, 2002.

Vicente Maroto, I., y M. Esteban Piñeiro: *Aspectos de la Ciencia Aplicada en la España del Siglo de Oro,* 2.ª ed., Valladolid, Junta de Castilla y León, 2006.

Vigón, J.: *Historia de la Artillería Española,* 3 vols., Madrid, CSIC, 1947.

— *El Ejército de los Reyes Católicos,* Madrid 1968.

VV. AA.: *Bibliographia Physico-Mathematica Hispanica (1475-1900),* volumen i, Valencia, 1999.

12

La formulación de los principios de la fortificación abaluartada en el siglo XVI

De la *Apología* de Escrivá (1538) al *Tratado* de Rojas (1598)

Fernando Cobos-Guerra
Arquitecto, Valladolid

El primer tratado de la fortificación moderna, la *Apología en excusación y favor de las fábricas del reino de Nápoles*, que escribe el comendador e ingeniero militar español Pedro Luis Escrivá en 1538, postulaba las bases de su debate epistemológico, fruto de las experiencias previas españolas e italianas del periodo de transición y del genio innovador del propio Escrivá en sus fortalezas de L'Aquila y de San Telmo de Nápoles[1].

En 1598, el capitán Cristóbal de Rojas publica su tratado *Teórica y Práctica de la fortificación conforme a las medidas y defensas destos tiempos*, que resume las enseñanzas y experiencias de la Academia de Matemáticas que la Monarquía española había fundado en Madrid[2].

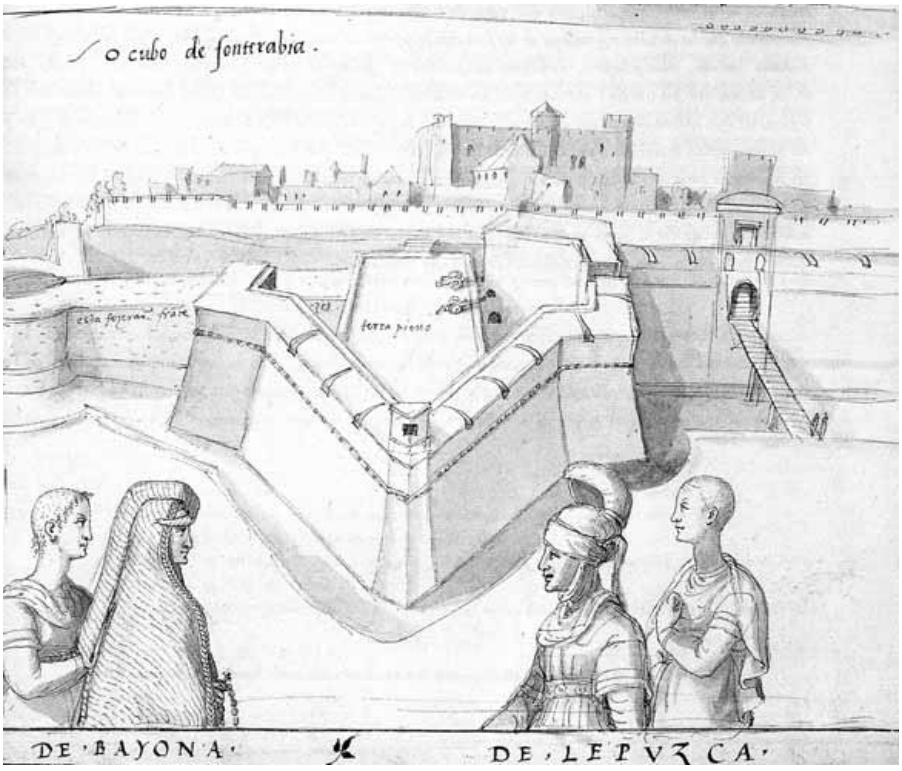
Entre ambos textos se habían formulado distintas soluciones de fortificación a partir de un puñado de tratados, de un conjunto de debates sobre obras y proyectos en Europa, África, América y Asia, y de la experiencia de no pocos asaltos y defensas de plazas contra turcos, franceses, ingleses y holandeses. Sin embargo, los problemas conceptuales básicos del diseño de la fortificación moderna, que habían sido presentados y debatidos en el tratado de Escrivá, seguían siendo los mismos.

El presente texto pretende repasar la evolución de las fortificaciones desde el estudio de las soluciones propuestas en cada momento a los problemas troncales que se planteaba, utilizando para ello las reflexiones de ambos tratados y las expe-

---

[1] Luis Escrivá: *Apología en excusación y favor de las fábricas del reino de Nápoles...* Manuscrito de 1538 en la Biblioteca Nacional de Madrid. Edición anotada y comentada en F. Cobos, J. J. de Castro y A. Sánchez-Gijón: *Luis Escrivá, su Apología y la fortificación Imperial*, Valencia, 2000.

[2] Cristóbal de Rojas: *Teórica y Práctica de la fortificación conforme a las medidas y defensas destos tiempos*, Madrid, 1598. La versión más accesible es la de E. de Mariátegui: *El capitán Cristóbal de Rojas. Ingeniero militar del siglo XVI*, Madrid, 1985.



***12.1. Fuenterrabía, por Francisco de Holanda (1538)**, en* Os Desenhos das Antigualhas, *Biblioteca de El Escorial.*

riencias y debates producidos en el siglo XVI en torno a las fortificaciones de la Monarquía española[3].

I

Modelos y principios del arte de la fortificación

A menudo se ha pretendido resumir la historia de la fortificación en una serie de modelos que eran copiados sucesivamente y que tendrían su origen en un primer

[3] El presente estudio representa la conclusión de diversos trabajos realizados en los últimos cuatro años y contiene algunas reflexiones y figuras ya publicadas en F. Cobos: «Pallas y Minerva, militares e ingenieros en la corona española en el siglo XVI», en *FORTEZZE D'EUROPA. Forme, professioni mestieri dell'architettura difensiva in Europa e nel Mediterraneo spagnolo* (A. Marino, a cura di), Roma, 2003; F. Cobos y J. J. de Castro: «Diseño y desarrollo técnico de las fortificaciones de transición españolas» y «El debate en las fortificaciones del imperio y la monarquía española», en C. Hernando (coord.): *Las fortificaciones de Carlos V*, Madrid, 2000; y F. Cobos, J. J. de Castro y A. Sánchez-Gijón: *Luis Escrivá, op. cit.*

baluarte inventado providencialmente en un momento histórico concreto. Esta conciencia histórica proviene del propio siglo XVI; Vasari establece que fue Sanmicheli el que inventó el baluarte que los demás copiaron, y no pocos de los «tratados» del siglo XVI se limitaban a proponer modelos ideales e inexpugnables que seguir antes que intentar definir los principios que se debían aplicar en la fortificación moderna[4]. En fecha tan temprana como 1538 Escrivá reconocía:

> oí decir que ya esta ciencia era tan fácil y divulgada que casi todos la entendían y muchos había que la sabían ejecutar, más después por la experiencia y ejemplo de muchas obras que de unos y de otros he visto, he venido a conocer [...] que algunos de los que tú y yo conocemos, los cuales son tenidos en ella [en la ciencia de la fortificación] por muy raros y se alaban en tu escuela por excelentes, tienen falta de hartos quilates para llegar a la cumbre de ella [...] y cada día se ve que pocos soldados hay entre nosotros que, con haber un poco practicado la guerra y tomado las medidas de las defensas y otras partes de las fortalezas que han visto, no se atrevan sin más consideración a meter mano en fortificar[5].

No es casualidad por tanto que, en esas mismas fechas, el pintor portugués Francisco de Holanda recorriera España e Italia dibujando fortalezas en un viaje que años después le permitiría decir que «esta arte ou ciencia me coube, como por ter visto com meus olhos, e medido e desenhado con minhos maos, as melhores forças e fabricas que há na Europa, nen en todo o mundo»[6].

Holanda reconocería, eso sí, a los maestros, y en su célebre relación de *Las águilas del Renacimiento* (en sus no menos célebres *Diálogos en Roma* con Miguel Ángel, 1548), incluye entre los arquitectos «modernos» más «famosos», citándolo como el mejor constructor de fortalezas, al autor de San Telmo de Nápoles (Escrivá, al que llama por error «don Antonio»), a la par que otros arquitectos como Antonio da Sangallo «che fenisce San Piero al mio tempo, á Roma; e fece gli bastini á Roma e la opera de un bel pozo á Orvieto»[7]. Introduce así, en estos primeros años decisivos,

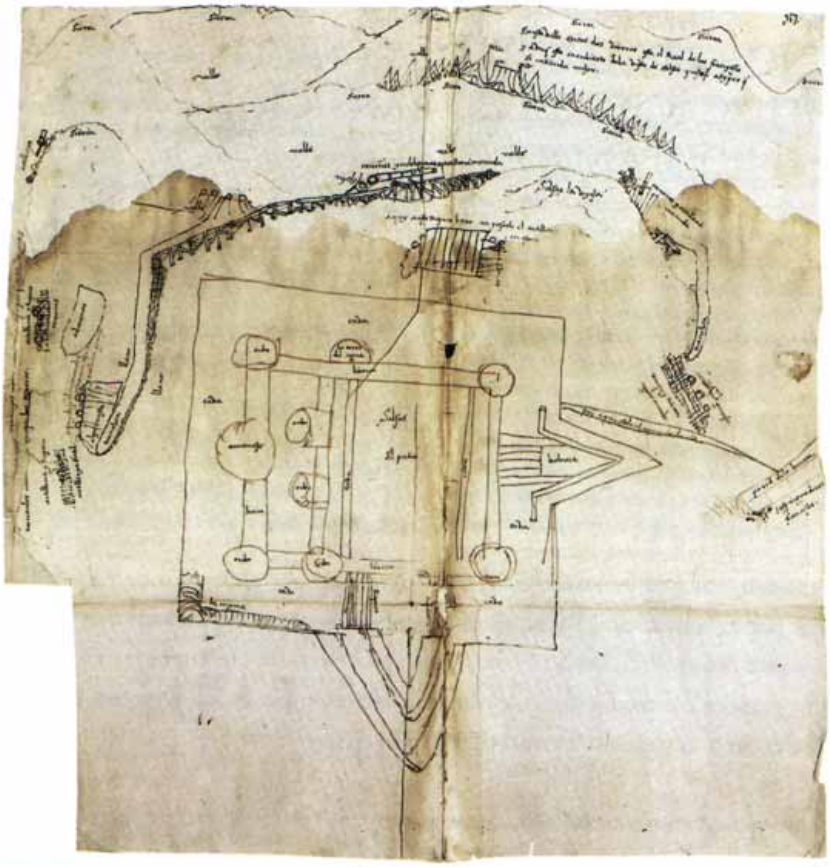
---

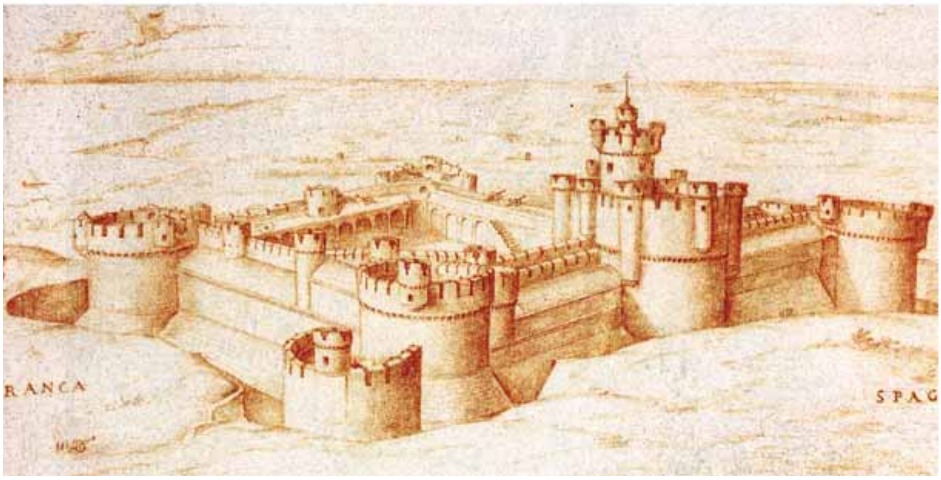
[4] Habría que anotar respecto al estudio de los tratados tres aspectos normalmente ignorados pero capitales si se pretende abordar el tema de este trabajo: (1) Rara vez los tratados se adelantan a las obras construidas y lo normal es que sean consecuencia directa o indirecta de experiencias concretas; (2) De producirse, la publicación de los tratados suele ser varios años después de haberse redactado el manuscrito, y aunque es difícil establecer la influencia de un manuscrito en la evolución de la fortificación, estos suelen ser tan importantes o más que los que finalmente llegaron a publicarse; (3) Se ha tergiversado la «nacionalidad» de los tratados en función de su autor o su lengua, ignorando que para el pensamiento de la monarquía hispánica del siglo XVI o XVII todos los tratados escritos o publicados en los dominios de la corona (Nápoles, Madrid, Milán o Bruselas) son tratados al servicio de la Corona española, y el italiano o el flamenco eran también lenguas oficiales del imperio.

[5] L. ESCRIVÁ, *Apología*, CLXIV.

[6] F. de HOLANDA, 1571, fol. 3r. Ver F. COBOS: «Dessins de Fortification dans Os *Desenhos das Antigualhas* du Portugais Francisco de Holanda (1538-1540)», en *Atlas militaires manuscrits européens,* París, 2003.

[7] Ver F. COBOS: «Dessins de Fortification...», *op. cit.*, p. 123.





12.2. Castillo de Salsas: *(1) Planta durante el sitio de 1503, según el capitán Ayora (Real Academia de Historia, CSC A-11); (2) por Francisco de Holanda, en* Os Desenhos das Antigualhas, *1538 (Biblioteca de El Escorial).*

otras dos escuelas, la Sangallesca y la Española, junto con la veneciana de Sanmicheli y el duque de Urbino, todas ellas ejercitándose e influyéndose mutuamente en el gigantesco campo experimental que era la Italia de ese momento. Nada pues de unanimidad y seguidismo de un modelo inicial, como pretendía Vasari; durante todo el siglo XVI la decisión de las fortificaciones en los puntos clave, en donde se jugaba realmente la partida militar hasta sus últimas consecuencias, no se resolvió sacando modelos de un manual. La Monarquía española, que jugó, perdiendo o ganando, las partidas más dramáticas, atesoró un conjunto admirable de experiencias fruto de un continuo debate que no siempre reflejaron los tratados de forma inmediata.

Resulta por tanto particularmente revelador que la *Apología* del Comendador Escrivá, en cuanto que primer tratado de la fortificación moderna y en cuanto que escrito a modo de diálogo que presenta casi todas las cuestiones clave de los debates posteriores, comenzara su dedicatoria al virrey Don Pedro de Toledo diciendo:

> Maravillarse ha por ventura Vuestra Excelencia de ver que pocos o ninguno se halla de los que usan esta arte de fortificación que apruebe ni dé por buena obra que otro haga.

Y en este periodo de experimentación e incertidumbre, modelos y manuales se confundían con otros intentos de establecer las claves de diseño, las bases epistemológicas de esta nueva ciencia de la fortificación, «que yo hallo en esta materia de fortificación tantas y tan grandes dificultades que no sé quien puede salir de ellas maestro», decía Escrivá[8]. Un camino en el que «las cosas que son necesarias para la fortificación» incluían, según Rojas, la geometría —«esta ciencia es parte demostrativa y hay cosas en ella que no se pueden alcanzar sino con figuras», había dicho Escrivá[9]— y la aritmética —relacionada fundamentalmente con la construcción—, mientras que «la tercera y más principal para la fortificación —decía Rojas— es saber reconocer bien el puesto donde se ha de hacer la fortaleza [...] que es materia de soldados viejos»[10], fruto de la experiencia militar por tanto, experiencia que invocaba Escrivá asegurando que «cierto no ha menos de treinta años que ando por el mundo herrando tras esta facultad»[11].

Es pues a partir de los tratados de Escrivá y Rojas, que abren y cierran el panorama de la fortificación del siglo XVI, y basándonos en las experiencias de los «soldados viejos» de esa centuria, como hemos establecido una primera lista de los problemas básicos, en este crucial periodo, centrándonos inicialmente en el diseño y

---

[8] F. Cobos, J.J. de Castro y A. Sánchez-Gijón, *op. cit.,* p 108.

[9] L. Escrivá, *Apología*, *op. cit.,* XVI.

[10] C. Rojas, *op. cit,.* fols. 1 y 2.

[11] L. Escrivá, *Apología, op. cit.,* LVI.

apartándonos algo de las cuestiones constructivas[12] o artísticas. Estos problemas serían, esencialmente y para el siglo XVI, los siguientes:

— La concepción del baluarte moderno.
— La situación y protección de las defensas.
— La deflexión del fuego enemigo y el flanqueamiento de las obras propias.
— Los ángulos y la proporción, la dimensión y forma de las plazas fuertes.
— Los modelos ideales y la adaptación al lugar.

La distinción entre los modelos que muchos seguían y copiaban y los principios de la fortificación, que muy pocos comprendían, no era entonces -ni es ahora para el historiador de la fortificación- un tema sin importancia. Como escribía Diego González de Medina Barba en su *Examen de Fortificación* (1599):

> El que supiere bien y entendiere lo que se ha dicho, podrá inventar y hacer muchas cosas muy buenas conforme al sitio y ocasión que se le ofreciere [...], y quien sabe no ha de estar atado a solo lo escrito, sino a imaginar e inventar de suyo según estos principios.

II

La concepción del baluarte moderno

Comúnmente llamamos fortificación moderna a la abaluartada o bastionada, es decir, aquella que esta formada por baluartes o bastiones en los ángulos del polígono que forma el recinto fortificado. Por baluarte o bastión entendemos una figura pentagonal que consta de dos caras que convergen en la punta, dos flancos o traveses que unen las caras al recinto, y una gola (cuello), línea que une los extremos de los dos flancos y por donde se une el baluarte al cuerpo principal de la plaza (ver figura 12.3)[13].

Dice Rojas en la página 39 de su tratado:

> El valuarte es aquel donde estan las dos casamatas[14]: y dizese valuarte, de vallo, valles, que quiere decir fortificar, o Velliarte, que quiere decir arte de guerra: porque en el valuarte estan las casamatas y traveses, y las espaldas y orejones[15], que en efecto esta allí todo el arte de la fortificación y por eso se dice valuarte y no cavallero[16].

---

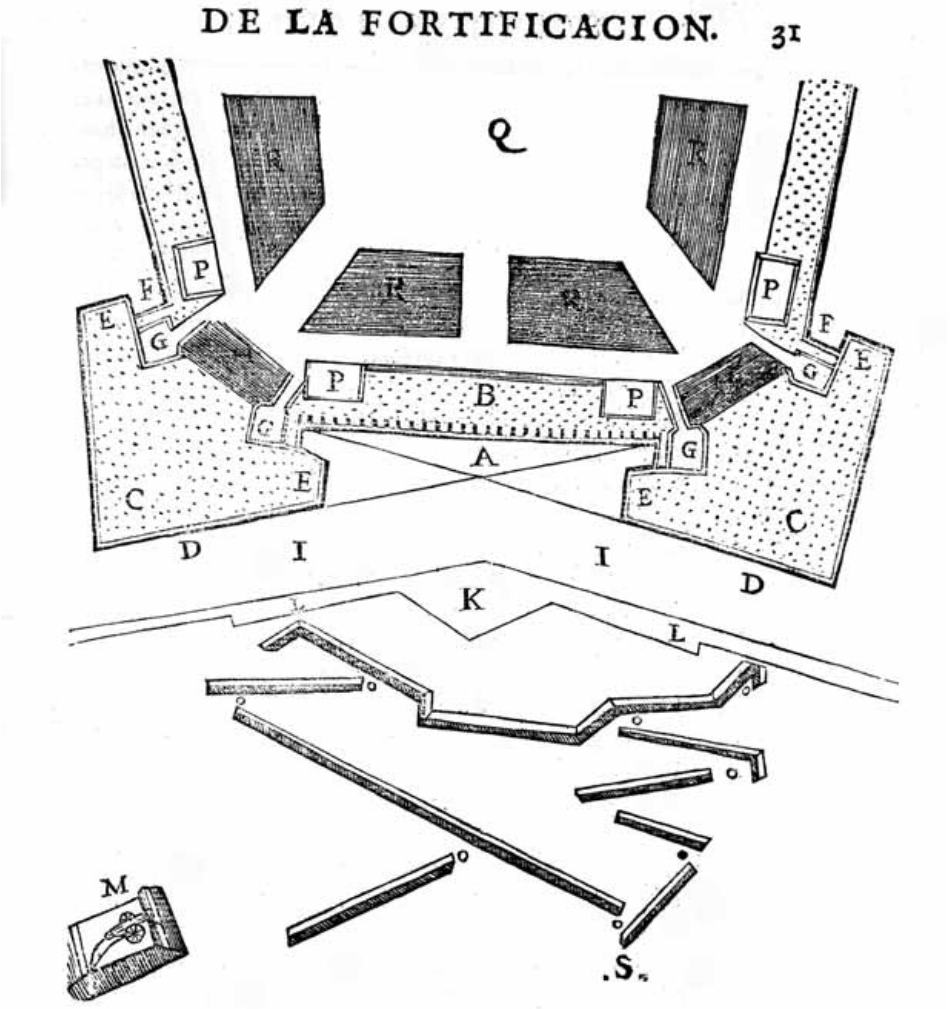
[12] J. Galindo: *El conocimiento constructivo de los ingenieros militares*, tesis doctoral (edición digital), Universidad del Valle, Cali, Colombia, 2003.

[13] También las figuras 12.5, 12.7, 12.8 y 12.9 ilustran partes clave de la fortificación.

[14] Las casamatas son las cámaras o espacios, abovedados o no, donde se sitúan los cañones que disparan por las troneras de los flancos (que entonces llamaban traveses) cruzando el fuego sobre la cortina (el muro que une los baluartes contiguos) .

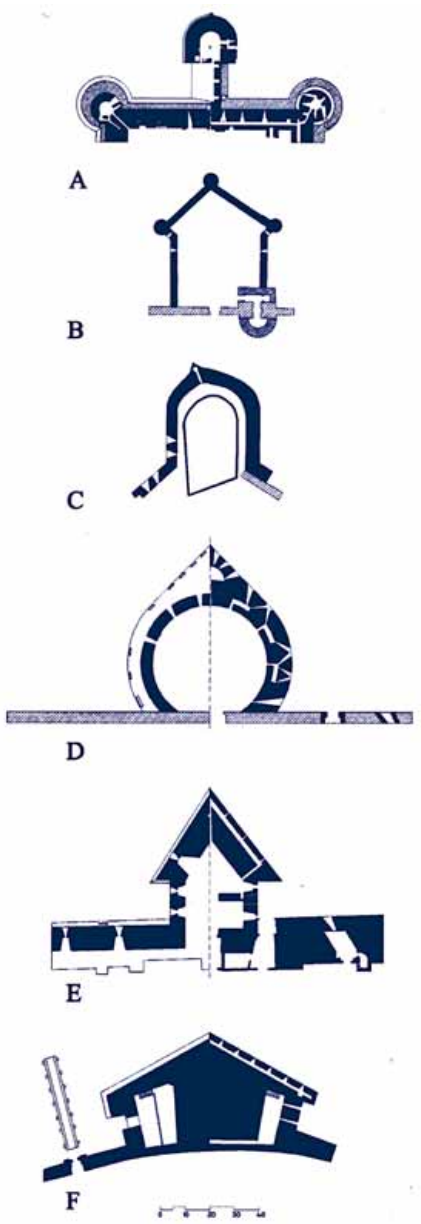
[15] El orejón es un macizo en prolongación de las caras del baluarte que hace que el flanco quede más retirado y protegido.

[16] El caballero es una plataforma más alta que el baluarte y que se situaba sobre la cortina o sobre el baluarte.



12.3. Planta de una fortaleza con sus partes en el* Tratado *de Rojas (Madrid, 1598).
Abecedario en declaración de los nombres de la fortificación:

A. Cortina principal con los contrafuertes o estribos
B. Terrapleno verdadero
C. La C con las dos EE el valuarte
D. Frente del valuarte
E. Espalda y orejón de la casamata
F. Boca de la casamata
G. La mesma casamata
H. Gola del valuarte
I. Fosso grande
K. Plaça o revellin de la estrada cubierta
L. La mesma estrada cubierta
M. Plataforma para plantar artillería
O. Vordos que van dando las trincheas
P. Cavalleros encima del terrapleno
Q. Plaça de armas
R. Quarteles de alojamientos
S. Principio de la trinchea (31)



12.4. Evolución de los baluartes frontales españoles: Salsas (1503), Arévalo (1504), Cubo de Leiva en Fuenterrabía (1521), Cubo de San Llorente en Pamplona (1521-24), Cubo Imperial de San Sebastián (1524-27) y Baluarte de la Magdalena en Fuenterrabía (1530). (Cobos, 2000.)

Los baluartes recibieron inicialmente diversos nombres: *punta de diamante*, *espuntón*, *belguardo*, *turrión*, como los llama Escrivá, *bestión* o *caballero*, aunque finalmente en Italia y Francia se terminaron llamando *bastiones* y en España *baluartes*; y hemos visto cómo el propio Rojas en su tratado se hace eco de este caos terminológico pidiendo que solo se les llame *baluartes* y no *caballeros*. El baluarte terminó siendo por tanto una estructura pentagonal terraplenada que cubría con su fuego de flanco las cortinas adyacentes y los baluartes contiguos. La singularidad española radica en que tanto la palabra baluarte —con otra etimología, al parecer, distinta— como las estructuras que más o menos cumplían este fin existían desde mediados del siglo XV y mientras en otros países fue necesario inventar un término nuevo para un nuevo elemento, en España se siguió empleando el de *baluarte* para hacer referencia a diversas estructuras que, variando con los años, seguían conservando sus características fundamentales: poligonal en punta, terraplenado, muy bajo, casi escondido en el foso y con capacidad para defender, con su fuego de flanco, las cortinas y baluartes contiguos.

Es evidente que, si esto fuera comúnmente aceptado, tendría poco sentido discutir sobre quién inventó el baluarte canónico a finales de la segunda década del siglo XVI, y aunque los ingenieros italianos y muchos tratadistas posteriores estaban convencidos de que el baluarte fue inventado en Italia, no puede negarse que las estructuras pentagonales y terraplenadas a las que Ramiro López llamaba baluartes en su castillo de Salsas en 1497

se parecían lo suficiente al baluarte clásico posterior como para que, al menos los españoles, no sintieran la necesidad de buscar otro nombre[17].

Para entender, pues, la fortificación abaluartada española es necesario explicar tanto la propia evolución del periodo de transición como los distintos elementos que conformaron el baluarte canónico a lo largo del siglo XVI.

II.1. *La fortificación española de transición*

Hemos estudiado la fortificación de transición en diversas publicaciones[18], destacando la relación existente entre las barreras y torres avanzadas pentagonales de los siglos XII y XIV y las barreras artilleras y protobaluartes castellanos del siglo XV. Resumiendo este proceso, podríamos decir que los dos primeros puntos de inflexión entre la fortificación medieval y la adaptada a la artillería son el castillo de la Mota en Medina del Campo, construido entre 1476 y 1483, y la fortaleza de Salsas (ver fig. 12.2), construida al norte de Perpiñán en 1497, ambas por los Reyes Católicos. El tercero se produciría entre 1527, con la construcción del baluarte frontal —llamado cubo imperial— en San Sebastián (ya desaparecido y edificado por el prior de Barletta, Gabriel Tadino di Martinengo), y 1530, fecha de que data el baluarte de la Magdalena de Fuenterrabía (ver fig. 12.1), aún conservado y que posiblemente sea el primero moderno en su forma canónica construido en España.

Sin embargo, ya existen en Castilla «baluartes», como obras avanzadas delante de la puerta y con ese nombre, desde mediados del siglo XV. Su misión de obras avanzadas donde se alojaba artillería que cubría el foso y el campo circundante no siempre se asoció a las puertas ni tuvo por función protegerlas. El término «baluarte», que acabó siendo en castellano el equivalente al *bastión* franco-italiano, se suele hacer derivar del germánico *boltwerk*, obra provisional de tierra y madera que los españoles habrían importado, se ignora en qué fecha, de Flandes o directamente de Alemania.

---

17 Posiblemente podría decirse lo mismo de «bastione» y en ambos casos el término medieval hace referencia a obras de tierra con independencia de su forma.

18 F. COBOS: «Etapas constructivas del castillo de la Mota. Evolución tipológica y análisis crítico de sus fábricas», en *Actas del I Congreso de Castellología Ibérica*, Aguilar de Campoó, 1994; F. COBOS: «El Plan Director de Restauración del Castillo de la Mota. Metodología de estudio e intervención», en *Actas del Congreso Internacional de Restauración del Ladrillo, Sahagún, 1999*, Valladolid, 2000; F. COBOS: «Artillería y fortificación ibérica de transición en torno a 1500», en *Actas del Simposio Internacional Mil Anos de Fortificações na Península Ibérica e no Magreb*. Palmela, 2001; F. COBOS: «Tecniche ossidionali e difensive aragonesi e espagnole», en A. TURCHINI (a cura di): *Castel Sismondo, Sigismondo Malatesta e l'arte militare del primo rinascimento*, Rímini, 2003; F. COBOS y J. J. de CASTRO: «Análisis crítico de las estructuras urbanas y defensivas de Berlanga de Duero (Soria)», en *Actas del IV Congreso de Arqueología Medieval Española*, Alicante 1993; F. COBOS y J. J. de CASTRO: *Castilla y León. Castillos y fortalezas*, León, 1998; F. COBOS y J. J. de CASTRO: «Salsas y la fortificación de transición española», en *Castillos de España*, n.º 110-111, Madrid, 1998; F. COBOS y J. J. de CASTRO: «Artillería y poliorcética castellana en la estrategia de Fernando *el Católico* contra Francia. Documentos para su estudio», *Gladius*, Madrid, 2000.

Para la segunda mitad del siglo XV hemos definido[19] un prototipo fortificatorio castellano consistente en un recinto bajo o falsa braga llamado «barrera», con torres circulares acasamatadas en las esquinas, llamadas «cubos», con un profundo foso perimetral cubierto por el fuego de una galería de pie de escarpa, dotada de sistemas pasivos o activos contramina, y obras avanzadas pentagonales y prácticamente ocultas en el foso en el frente de las cortinas, llamadas «baluartes». Así diseñó Salsas en 1497 el artillero Ramiro López, y si volvemos sobre la planta de Salsas en el sitio de 1503 observamos cómo al forro, seguramente de tierra, del baluarte pequeño le salen unas «alas» que protegen del tiro frontal varias líneas de «reparos» que hacen las veces de «traveses» o flancos que cubren con su tiro el campo muerto delante de los cubos y dentro del foso. A su vez, la punta del baluarte podría cubrirse con el fuego de las troneras de los cubos y de esta forma el baluarte, escondido prácticamente en el foso, se convierte en la pieza fundamental de la defensa, mientras que los cubos no tienen necesidad de «puntas de diamante», al asegurarse el foso a sus pies. De hecho, el baluarte avanzado de la torre de esquina, el único cuyas caras no pueden cubrirse desde la plaza, presenta dos galerías laterales o caponeras cuyo fuego cubre la punta.

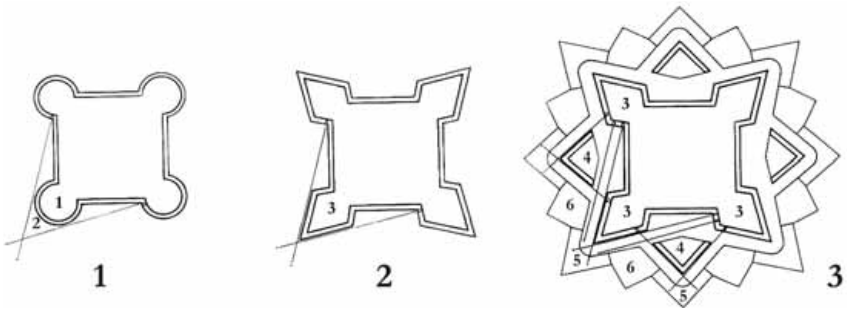
Si comparamos ahora el dibujo de Ayora del baluarte pequeño de Salsas en 1503 y el dibujo de Holanda del baluarte de la Magdalena de Fuenterrabía en 1538 (figs. 12.2.1 y 12.1, respectivamente), reconoceremos que, incluso con el artificio de dibujar los orejones girados para hacerlos más evidentes, ambos diseños pertenecen a una misma concepción defensiva que deriva directamente de las obras frontales avanzadas que los castellanos de mediados del cuatrocientos ya llamaban «baluartes».

II.2. *Baluartes frontales y baluartes angulares*

La evolución del frente abaluartado es mucho más compleja y mucho menos lineal de lo que se ha pensado, y la preocupación por los problemas de la deflexión del fuego enemigo[20] y garantizar la defensa con fuego flanqueante es antigua. Se ha dicho, posiblemente con razón, que la fortificación moderna no debe entenderse por el desarrollo de la figura pentagonal del baluarte que busca inicialmente la deflexión, sino por la génesis de la traza que garantiza que no existan terrenos muertos no batidos por el fuego de flanco. Sin embargo, y pese a que esta teoría llevaría necesariamente a reconocer como primeros baluartes los angulares que sustituyen a las torres redondas, lo cierto es que hay una larga tradición de baluartes frontales anteriores que buscaban al tiempo la deflexión y el flanqueamiento orientándose directamente hacia la batería enemiga (ver figs. 12.4 y 12.5). Esto era práctica usual desde el siglo XII en España hasta el siglo XVI en Italia. Será Pedro Luis Escrivá quien primero reflexio-

[19] F. Cobos: «Tecniche ossidionali e difensive...», *op. cit.,* p. 125.

[20] Evitar que el proyectil enemigo incida perpendicularmente en los muros de una torre o baluarte, orientándolos de modo que formen con la trayectoria del fuego enemigo un ángulo tan agudo que reduzca el impacto y facilite el rebote.



12.5. Evolución de torreón a baluarte según versión habitualmente admitida: (1) cubo o torreón circular; (2) terreno muerto; (3) baluarte angular o clásico; (4) revellín; (5) camino cubierto; y (6) plaza de armas.

ne, en su *Apología* de 1538, sobre la imposibilidad de garantizar al tiempo la deflexión y un flanqueamiento seguro; hace además algunas reflexiones sobre las ventajas e inconvenientes de los baluartes con ángulos agudos respecto de las plantas circulares, que es preciso conocer para intentar comprender la fortificación abaluartada sin caer en las complacientes y autojustificativas historias que de la evolución de la fortificación moderna se inventaron los tratadistas de la segunda mitad del XVI.

> Y pues ya entendiste —dice Escrivá[21]— por lo passado la dificultad y peligro que los angulos corren, mayormente si el artilleria los puede coger algo de traves[22], puedes considerar quanto mas convernia a la fortaleza de los turriones el hazerse redondos que angulares, porque ultra que la figura circular es en si mas excelente, tiene para en esto dos cosas muy importantes; la una es que quasi es imposible poderse assentar batteria que la cogia mas de sola una pieça en squadro, y la otra que toda la fabrica, como esta en circulo, se ayuda y haze espaldas la una a la otra [...].

Pero en este caso, avisa Escrivá, los defensores de la fortificación «moderna» dirían

> que si los turriones huviessen de ser redondos perderia ella la facultad que le conviene de poderse descubrir y offender por traveses los que a los muros y frente de sus turriones llegasen, y seria esta diferentia que ternia mal medio para poderse acordar, porque no solo demandan que los turriones sean angulares, mas haun no quieren por nada que los angulos dellos se hagan obtusos ni haun rectos sino que hayan de ser agudos[23].

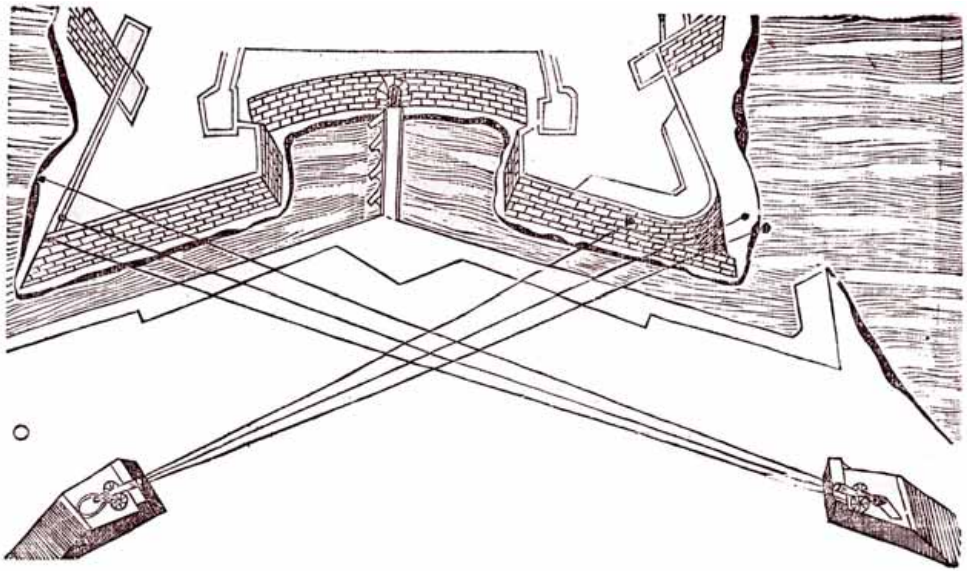
El problema, como Escrivá reconoce, no tiene una solución clara; y en el tratado de Rojas, y para los casos en que la recomendación de hacer los ángulos obtusos no puede aplicarse, también se reconoce su debilidad. Rojas explica así el problema:

---

21 L. ESCRIVÁ, *Apología*, *op. cit.*, CIV.

22 Perpendicularmente a las caras en las puntas.

23 Ver el apartado sobre los ángulos y medidas de la fortificación.



12.6. Cristóbal de Rojas: explicación de su teoría de las puntas redondeadas (1598).

> Ya es cosa muy sabida que la figura redonda es la más capaz y fuerte de todas [...] y como los antiguos no ignoraban esta fortaleza, hicieron su fortificación llena de cubos redondos [...] y como el enemigo viese tanta resistencia en los cubos redondos, descubrieron la zapa [...] y por ser redondo el torreón se encubrían en la circunferencia de él sin que pudieran ser ofendidos de los traveses [...]. Y viendo este grande inconveniente los Ingenieros passados, accedieron de presto al remedio, y fue, hacer de esquina viva los valuartes, porque puesto el enemigo en la esquina, lo barren y cruzan desde las dos casasmatas que guardan la dicha esquina: y también viendo los de fuera este remedio tan grande, buscaron otra ofensa diferente de las passadas, y es, que ponen algunas piezas de artillería al un lado y al otro de la esquina del valuarte, y la cortan al cruzado, y a pocos cañonazos dan con toda la esquina en el fosso y esto se hace con mucha más facilidad, cuanto más agudos fueren los ángulos[24].

Para resolver este problema, tanto Escrivá como Rojas recomiendan evitar los ángulos agudos en las puntas de los baluartes (ver apartado sobre la forma de la fortificación): «Del discurso de la fortificación he tratado muy largo —dice Rojas—[25], y de la regla general que se ha de tener en que todos los ángulos de los valuartes sean obtusos, lo más que se pudiere, porque en esso consiste su fortaleza: pero como no hay regla que no tenga su excepción, digo, que se ofrecerá algunos sitios, adonde es cosa forzosa ser los ángulos de los valuartes acutos» (ver en apartado final la polémica sobre Peñíscola).

[24] C. Rojas, *op. cit.,* pág. 74.

[25] *Ibidem.*

Rojas plantea una solución consistente en hacer redondeadas las puntas en la parte descubierta del foso, y aguda en la parte inferior y cubierta, diseño que ejecuta en Santa Catalina en Cádiz, que cumple con esta condición de emplazamiento (ver fig. 12.6). La opinión de Juan de Herrera[26] se muestra claramente contraria a esta idea, con argumentos que recuerdan al «fundamentalismo» que criticaba Escrivá en el párrafo anterior. Aun así, la idea de la punta redondeada, que no es original de Rojas, se empleaba desde principios del siglo XVI: aparece en un cubo de la barrera de Castelnuovo en Nápoles, que pertenece al primer periodo de dominio español; en la punta del baluarte de San Nicolás de la Pamplona, recientemente aparecido en excavación; en algunas de las fortalezas españolas de los Presidios de la Toscaza, concretamente en el fuerte Filipo de Puerto Hércules, anterior a Rojas, y en la ciudadela pentagonal de Porto Longone, empezada poco después de la publicación de su tratado.

III

La situación y protección de las defensas

III.1. *De las casamatas*

Solventada la discusión sobre la figura pentagonal, más o menos aguda, de los baluartes, el otro gran tema de debate es la forma y disposición de las troneras de las casamatas o traveses: «Mas agora los modernos [...] defensas altas y baxas usan, y mas en las baxas que en las altas se confian; esto entiendo a dezir de la de los traveses, que de las que tiran por frente aqui no se habla». Estas y otras reflexiones de Escrivá sobre el baluarte que el duque de Urbino ha diseñado para Pésaro «que yo alabo de muy excelente aquella fortificación para el lugar en donde está» y de otros baluartes de la época, conducen en su tratado al estudio de las diversas posibilidades de diseño del baluarte canónico. Este debate sobre la fortificación canónica está sin embargo incompleto, ya que parece que la segunda parte de la *Apología*, que versaba sobre la fortificación «canónica» que Escrivá aplicó en otras fortalezas napolitanas[27], no llegó a acabarse.

Escrivá compara su diseño de casamata alta con tronera buzada y encapotada con dos tipos de casamatas en baluartes de los años treinta, las del modelo que él mismo ejecutó en L'Aquila, con casamatas abovedadas y troneras superpuestas sobre la misma perpendicular, y las del tipo de la de Pésaro en Italia (o Fuenterrabía en España), con plazas bajas en los flancos (figs. 12.7 y 12.8).

---

[26] E. Mariátegui, *op. cit.*, p 28.

[27] «Las otras fábricas que has ordenado en este reino (L'Aquila, Capua...) que has hecho en un cabo todo lo contrario que en otro» le reprocha el Vulgo al inicio de la incompleta segunda parte de la *Apología*.

> que el belicoso Francisco María duque de Urbino en Pésaro o la santidad del Papa Clemente en Piacenza y otros no han querido que en la misma línea perpendicular, como aquí en perspectiva se figura, las dos defensas viniesen, mas han hecho dos líneas perpendiculares retirando la de encima atrás de lo que está la baja y dejando descubierto aquel espacio, que es quanto ha menester una pieça de Artilleria para retirarse; han alçado otro suelo y han hecho otra stancia ansi mismo descubierta donde el artilleria juega[28].

Será esta solución de plaza baja o casamata descubierta la que se imponga en el siglo XVI y parte del XVII; solución derivada de los diseños coetáneos —e interconectados— experimentados a finales de los años veinte en las obras venecianas, sangallescas y españolas de la frontera de Guipúzcoa. Sería prolijo en todo caso explicar ahora las opiniones de Escrivá y de los tratadistas posteriores sobre aspectos como la ventilación de las troneras o la necesidad de cubrir o no las plazas bajas —Escrivá avisa de los peligros del tiro de mortero que sería determinante en el asalto turco a la Goleta en 1574, y propone cubrir la mitad delantera de la plaza baja—[29], entre otros temas.

III.2. *De las troneras*

Escrivá defiende que es imposible diseñar troneras que ofendan al enemigo y al tiempo estén suficientemente protegidas para que el enemigo no las alcance. Distingue entre troneras «rufianas», que tiran desde lo alto sobre la campaña, y troneras «maestras» que garantizan la defensa última y definitiva de la fortaleza con su fuego de flanco o través, definiendo al tiempo la traza de la fortaleza. A estas, según Escrivá:

> les basta descubrir cumplidamente de luengo a luengo el muro que defienden sin derramarse a descubrir por costado [...] que quanto mas cubiertas estan y menos descubren por costado mejores son.

Escrivá sostiene que la tronera que mejor se defiende es la que no se ve desde fuera del foso. No en vano escribía Bernardino de Mendoza, también gran experto y tratadista de fortificaciones, en su *Theorica y Práctica de la Guerra* en 1596, que

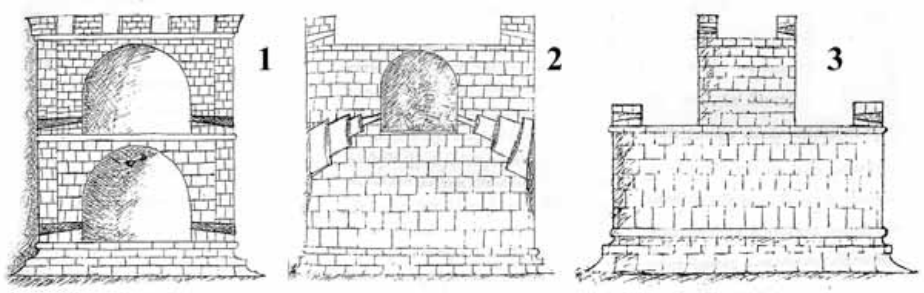
> es proposición asegurada en materia de fortificación que todo lo que se ve, pierde el que defiende, fundándose en tirar la artillería por línea derecha como camina la vista[30].

---

[28] L. ESCRIVÁ, *Apología,* LV.

[29] *«Cuanto para cumplir con la falta de dicho andén era necesario»,* justifica Escrivá en el capítulo IV de la segunda parte de la *Apología*, en una solución que remite a una de las características más extrañas del baluarte de la Magdalena construido en 1530 en Fuenterrabía (ver F. COBOS y J.J. de CASTRO: «El desarrollo...», *op. cit.,* pp. 233-236.

[30] F. COBOS y A. CÁMARA: «La muralla de Ibiza y su Plan Director», en *Ibiza, Patrimonio de la Humanidad,* Ibiza, 2003.

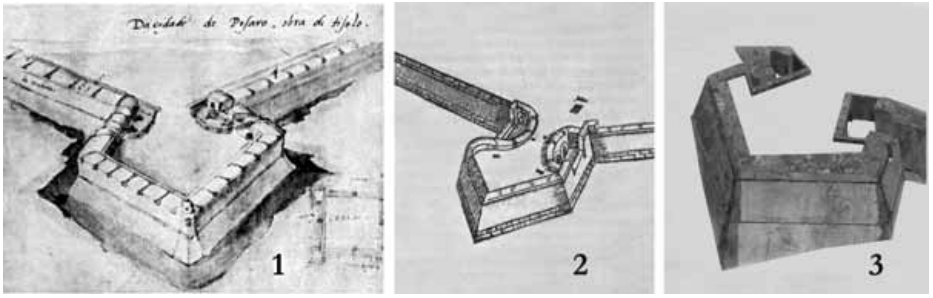


12.7. Secciones comparadas de distintos tipos de casamatas: *en* Apología *(F. Cobos* et al.*, 2000, pp. 80-81).*

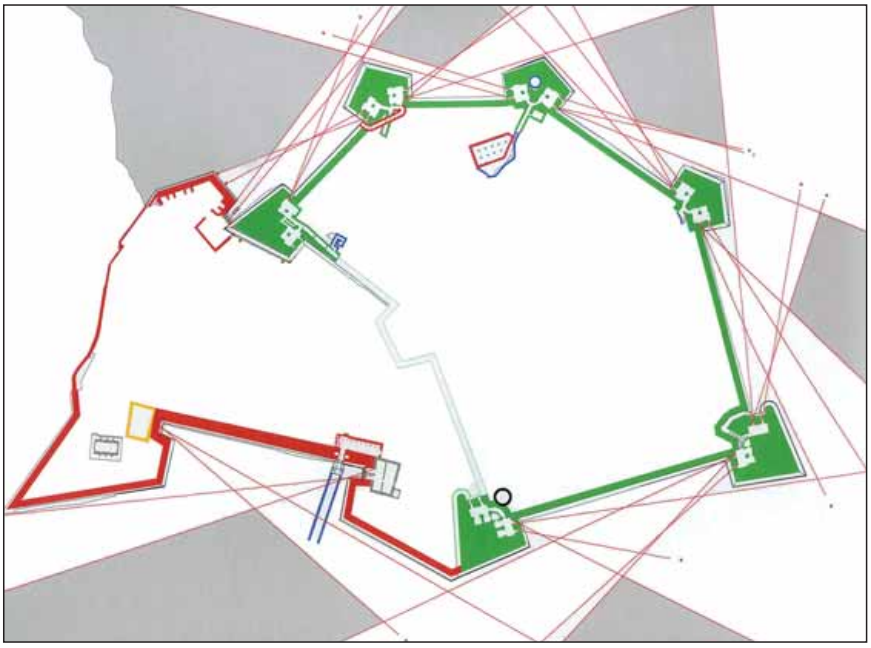
La *Apología* debate también la presencia de dos o una tronera por nivel y flanco, objeto de discusiones entre los ingenieros coetáneos y posteriores. Escrivá defiende que solo exista una, pues para alojar dos debe hacerse el flanco más ancho —y, por tanto, más expuesto— o las troneras más delgadas —y, por lo tanto, más débiles—. Recoge quizás un debate ya común entre los militares españoles, pues Guevara en su proyecto para Logroño de 1535 ya prefería una sola tronera, pero lo corriente llegó a ser que hubiera dos.

Un ingeniero de la primera escuela italiana como Calvi emplea dos en sus baluartes de Ibiza, aunque en el flanco más expuesto de Santa Tecla lo reduce a una tronera y procura, en el resto de los casos, que la tronera más exterior se abra muy poco y mire a la cortina, mientras que la interior abra más y mire al campo, al pie del baluarte vecino. Coincide aquí con Cristóbal de Rojas, años más tarde, cuando este defiende

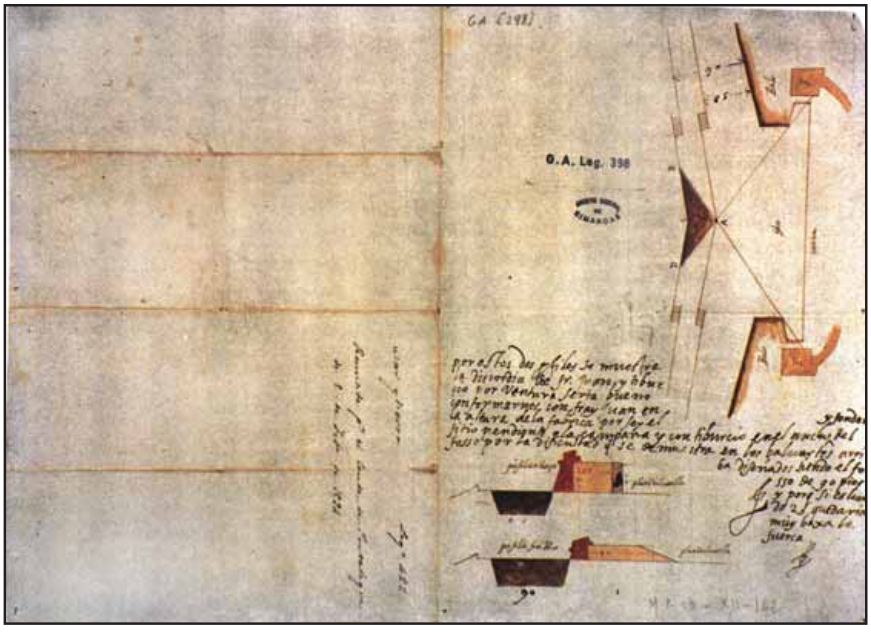
> dos piezas de artillería en cada casamata: la una pieza, si fuere posible, sea un cañón de 40 libras de bala, el cual estará arrimado a la parte del orejón, porque no se desemboque de la campaña, y estará allí muy guardado para el tiempo del asalto, y para



12.8. Baluartes: *(1) De Pésaro en 1539, según dibujo de Francisco de Holanda en* Os Desenhos Das Antigualhas *(Biblioteca de El Escorial, Madrid); (2) «Del mar», según el tratado de Tartaglia (ed. de 1554); (3) De San Bernardo (Ibiza), por J. B. Calvi, 1554. (Cobos, 2003).*



12.9. Ibiza. Plano de fuego de flanco. *En verde, obra de J. B. Calvi a partir de 1554; en rojo, obra de Fratín a partir de 1575. Estudios del Plan Director de las murallas renacentistas. (*Cobos, *2003).*



12.10. Debate sobre una fortaleza en la barra del Tajo, *Portugal (A.G.S., M.P. y D. XII-162).*

> guardar la cortina: y el otro será medio cañón, porque sea fácil de manejar, para tirar con el a priessa por el plano del fosso[31].

En la *Apología* de Escrivá también se debate sobre la utilidad de los orejones, «esos traveses cubiertos con que espantan a los niños en mi tierra»[32], que Escrivá no comparte aunque conoce la estrecha relación entre las dimensiones de los orejones, que protegen las troneras y casamatas, de los flancos donde asoman las troneras, y de los fosos que esconden las defensas pero deben ser defendidos por ellas. Un repaso al debate de 1594 entre los ingenieros Fray Juan Vicente Casale y Tiburzio Spanochi sobre el fuerte proyectado en la Barra del Tajo[33] (Portugal) permite evidenciar las discusiones sobre diseño a las que se enfrentaban los ingenieros y militares españoles de aquellos años:

Primero, en la parte de arriba se dibuja el terreno que queda sin cubrir si se amplía el foso; Escrivá ya había dicho que

> el fosso no ha de ser muy hancho no fue tanpoco para que hayas de creher que sea tan estrecho que le falte proportion. Mas porque en esta cosa de la hancharia del fosso, a lo que yo siento deve haver ciertas limitaciones, las quales tengo notadas en una obrezica mia que hize de los acidentes por los quales se suelen perder las fortalezas intitulada hedificio militar[34].

Rojas, mucho más concreto, aseguraba

> que resultan inconvenientes siendo el foso muy ancho: lo primero que para varrer todo el foso desde la casamata se adelgaza y enflaqueze la espalda y orejón, y lo segundo queda la casamata muy desembocada, que lo uno y lo otro es grandísimo defecto en la buena fortificación[35].

En la fig. 12.10 se aprecia cómo el vértice entrante del foso está definido por la línea que pasa por la esquina del orejón y el encuentro de cortina y flanco, de forma que para ensanchar el foso sin dejar terreno sin cubrir, o se reduce la longitud del orejón o se aumenta el ancho del flanco, exponiendo la casamata al fuego enemigo.

En segundo lugar, las secciones comparadas representan las magnitudes de excavación y terraplenado en relación a la fábrica, cuya altura depende, como veremos, de otros factores; y puesto que la tierra del foso debía servir para el terraplén de los muros, ambas magnitudes debían cuadrar, ya que todos los ingenieros sabían —y hoy algunos recuerdan— que es casi tan costoso que sobre tierra como que falte, más aún en una época en que los medios de carga y transporte no eran los de ahora.

---

31 C. Rojas, *op. cit.,* p. 72.

32 L. Escrivá, *Apología, op. cit.,* LXXXIV.

33 Aunque la referencia de Simancas indica que es el fuerte de Cabeza Seca, no se corresponde el dibujo con este fuerte y posiblemente se trate del fuerte de San Juliao da Barra.

34 Está perdida actualmente. Vuelve a referirse a esta obra en la segunda parte de la *Apología*.

35 C. Rojas, *op. cit.,* p. 37.

El plano sirvió para que el Consejo de Guerra tomara una decisión que, dada la complejidad del problema, no podía ser menos que salomónica, y sobre el plano alguien (¿el capitán general de la artillería?) escribió:

> Por estos dos perfiles se muestra la discordia de fr. Juan y Tiburzio, por ventura sería bueno conformarnos con fray Juan en la altura de la fábrica por ser el sitio pendiente a la campaña (véase la pendiente del terreno externo al foso) y con Tiburzio en el ancho del fosso, por la dificultad que se demuestra en los baluartes arriba diseñados, siendo el fosso de 90 pies y por si es hondo 25 quedaría muy baja la fuerça.

El foso no siempre garantizaba una completa defensa; y para entender esta preocupación básica por la protección de las troneras, basta con ver el diseño de las construidas en L'Aquila y advertir así la sofisticación del diseño de que era capaz Escrivá. Pero, para los casos en que esto no es posible, propone en su tratado un tipo nuevo de tronera «encapotada y buzada», orientada de arriba abajo, hacia los ángulos de la fortificación en el lecho del foso.

> [...] que por amor mío quiero que vayas sobre el lugar [*San Telmo*] y te hagas dar la tabla del mi designo y tomes el compás en la mano [...] y verás que están puestas de manera que es difícil cosa que el artillería pueda pasar por ellas ni romperlas [...] y mira la encapotadura que las he hecho [...] de manera que viene a no poderse batir del mismo nivel (*de lejos, fuera del foso*) [...] que el enemigo ha de estar [*en el foso*] si quiere embocar mi tronera y le conviene salir atrás de la esquina o ángulo del lienzo que aquella tronera defiende y en salir afuera se descubre luego y da el costado al otro flanco[36].

Así son, desde luego, las troneras de San Telmo de Nápoles y así aparecen en los diseños de distintas fortificaciones españolas, como el de Pizaño en el fuerte de la Trinidad, en Rosas (1544); el de Vespasiano Gonzaga en Peñíscola (1579) o el de Fratín en el fuerte de San Felipe, en Setúbal (1581). Rojas las asume para cuando hay un padrastro frente a la punta del baluarte, «y hacerse han las cañoneras del artillería que tiren de alto para abajo, porque no puedan ser desembocadas de los padrastros»[37].

IV

La deflexión del fuego enemigo y el flanqueamiento de las obras propias

Aunque la *Apología* de Escrivá ilustra un debate real producido en torno a la construcción del castillo de San Telmo en Nápoles, se extiende a comentar fortalezas coetáneas como Capua, Ferrara, Pésaro, Florencia o la Goleta de Túnez. Además otras muchas fortalezas, como San Telmo de Malta, deben entenderse desde la lectura del tratado. De hecho, las fortalezas citadas de Nápoles, Túnez y Malta ilustran

36 Escrivá, *Apología, op. cit.,* XXXXVI.

37 Rojas, *op. cit.,* p. 78.

por sí mismas una de las primeras reflexiones del tratado sobre la orientación de los baluartes ante una batería enemiga cuyo emplazamiento condiciona el lomo de un cerro (Nápoles), un istmo (la Goleta) o una península (Malta).

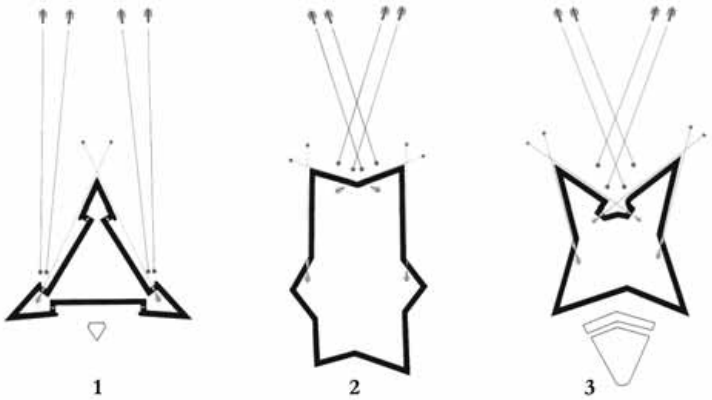
Puede decirse además que el debate antagónico del tratado está en las fortalezas de San Telmo y el proyecto de Ferramolino para la Goleta, que la *Apología* indirectamente compara. En el caso de Nápoles, «el vulgo» que dialoga con Escrivá nos dice:

> Tu no te recuerdas que estuviste presente quando la Magt. del emperador subio en ese monte en el año de mil y quinientos y trenta y cinco y quiso entender la forma de la fortification que a sus guerreros parecia que en aquel lugar se convenia y fue quasi por todos concluydo que se pusiese alli un espunton poderoso [...] para que resistiese a qualquiere batteria que le viniese, pues haviendo tu no solo dexado de hazer el espunton adelante mas haviendote retirado atrás y hecha esta tijera, como quieres porfiar que este bien.

A lo que Escrivá contesta que

> no obstante que este bien qualquiere espunton puesto contra la parte de donde se puede battir para lo que toca a la resistencia que conviene hazerse a la artilleria enemiga [...] como la spiga o angulo deste espunton es necesario [...] ponerle derecho contra el lugar de donde la batteria le puede venir y por el consiguiente la tronera que a el le a de defender es fuerça dreçarse a la mesma parte a donde mira la espiga [...] viene quasi a tirar la dicha tronera por frente hazia el lugar de la batteria y como las troneras que tiran por frente es averigudado que pueden poco resistir ni valer concluyo que el poner semejantes espuntones es cosa mal pensada[38] (fig. 12.11).

Justifica así una solución que contradice aparentemente las órdenes del emperador y de sus «guerreros» e inaugura una teoría «defensiva» pero notablemente



12.11. Plantas comparadas de: *(1) El diseño inicial de la Goleta de Túnez 1538; (2) San Telmo de Nápoles 1538; y (3) San Telmo de Malta 1543. Están orientadas hacia las baterías enemigas más desfavorables al estar condicionadas en su situación por el istmo, el lomo del cerro y la península que ocupan respectivamente estas fortalezas. (*Cobos, *2000).*

[38] L. Escrivá, *Apología,* XXXIIII, y comentario en pp. 62 y 63 en la edición anotada ya citada.

pragmática, que pivota sobre la adaptación al terreno y la protección del tiro directo en las troneras de flanco como base del sistema abaluartado.

De la dureza del debate da fe el propio texto de la *Apología* y el que la inscripción que preside la portada de la fortaleza atribuya su autoría a Escrivá «PRO SUO BELLICIS IN REBUS EXPERIMENTO». Pero si San Telmo podría ser el ejemplo de una fortaleza en la que el diseño del ingeniero se impone al parecer de los militares del emperador, la primera fortaleza de la Goleta lo es de cómo el diseño de un ingeniero que defiende la primera idea de los militares es cambiado por otro militar. La *Apología* de Escrivá no es, desde luego, ajena al debate, y en ella aparece comentada esta fortaleza,

> la que nuevamente se es hecha en la Golleta que el cuerpo de ella es triangular y la ha fundado Ferramolin con tanta consideration y quasi con el parecer y juyzio de todo el campo imperial que se hallo entonces alli despues de la expugnation de Túnez.

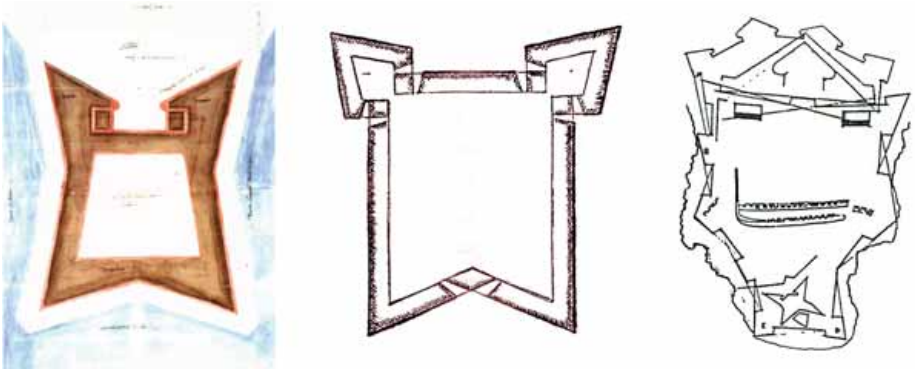
Nótese que Escrivá pone en boca del «vulgo» prácticamente la misma expresión («y fue quasi por todos concluydo») que aparece en el capítulo dedicado a San Telmo, y una y otra parecen proceder de la idea del espuntón, desechada luego para esta última fortaleza. En 1538, al tiempo de la *Apología*, está produciéndose el debate entre Ferramolino y el gobernador Bernardino de Mendoza, uno de los grandes teóricos militares españoles, y aunque no se centra en la orientación del baluarte, los argumentos de Bernardino son casi idénticos a las críticas que Escrivá incluye en su tratado sobre las plantas triangulares. Bernardino es un militar con conocimientos de matemáticas y de dibujo, y su prestigio es tal que, aunque Ferramolino pide volver a la Goleta con la excusa de ayudar como peón en la obra, no puede evitar que la traza que finalmente se construya sea cuadrangular y con la cortina perpendicular a la batería enemiga, según el criterio de Bernardino[39].

Malta comparte con Nápoles y Túnez el hecho de que sus fortalezas citadas no pudieran ser batidas más que por un frente principal, y supone la tercera variante analizada en el tratado: la cortina llana, es decir, la cortina perpendicular a la batería enemiga. San Telmo de Malta, construida a partir seguramente de un proyecto anónimo de 1543[40], debía de estar muy acabada en 1552, cuando el arquitecto Pedro Prado envía su conocida «traça del fuerte que han hecho en Malta», y que ha servido para atribuirle una obra que probablemente estaba ya empezada cuando llegó allí. Prado conocía personalmente la obra de San Telmo en Nápoles, al haber trabajado en 1547 como arquitecto en la construcción de la capilla de esta fortaleza, en cuya lápida fundacional queda clara su condición de arquitecto español[41]. Esto explicaría de forma sencilla la aparente relación entre la traza dada y algunos dibujos de la

[39] Ver nuestro comentario a la *Apología* en la edición citada, en nota 1, p. 121, y A. Sánchez-Gijón: «Los presidios del reino de Túnez», en C. Hernando (coord.), *op. cit.*, p. 635.

[40] Archivo General de Simancas, M.P. y D. VIII-63.

[41] F. Cobos y J.J. de Castro: «El debate...», *op. cit.*, p. 253.



12.12. (1) Proyecto para San Telmo de Malta, *fechado en 1543;* ***(2) Dibujo de Escrivá*** *en su* Apología *(1538) comparando cortina llana y tijera;* ***(3) Plano que muestra las distintas soluciones*** *para fortificar La Valleta (h. 1565).*

Apología, pero el fondo de la cuestión (su diseño es una mala interpretación de la *Apología*) y las decisiones importantes parecen haber seguido otro camino distinto al ámbito de trabajo del ingeniero español. Algunas claves del debate previo a la construcción nos las da el «Recuerdo para el ingeniero que va a Malta», cuyo autor es posiblemente el duque de Alba, Fadrique Álvarez de Toledo[42]. En este texto, cuyas indicaciones no se siguieron completamente, se utilizan argumentos que ya emplea Escrivá en su *Apología* al recomendarse que al

> escoger el sitio de san Telmo [de Malta] [...] con poca guarda podais encerrar y poseer gran sitio [...] y tomando toda la montaña no podeis ser combatido sino por la frente y en ella se estrecha el monte mas que por ninguna otra parte y por esta causa viene a ser la fabrica menor y tomando la toda no podeis ser ofendidos por los lados ni por las espaldas.

Insiste el documento de Alba en que se ubique la fortaleza en lo más alto de la península, y da por sentado su plan atenazado cuando afirma que, de esta forma:

> estando el enemigo bajo no os puede descubrir la fortificacion por los lados ni jugar con su artilleria por el largo de nuestra cortina como lo aria si le dejaseis la mitad de la montaña en su poder retirandoos [...] y abandonando la mitad della como se platica en Malta.

E incluso algunas recomendaciones de carácter constructivo, como la de que la muralla *«a de ser sotil y los terraplenos grandes y bien vatidos»* remiten directamente al tratado de Luis Escrivá[43].

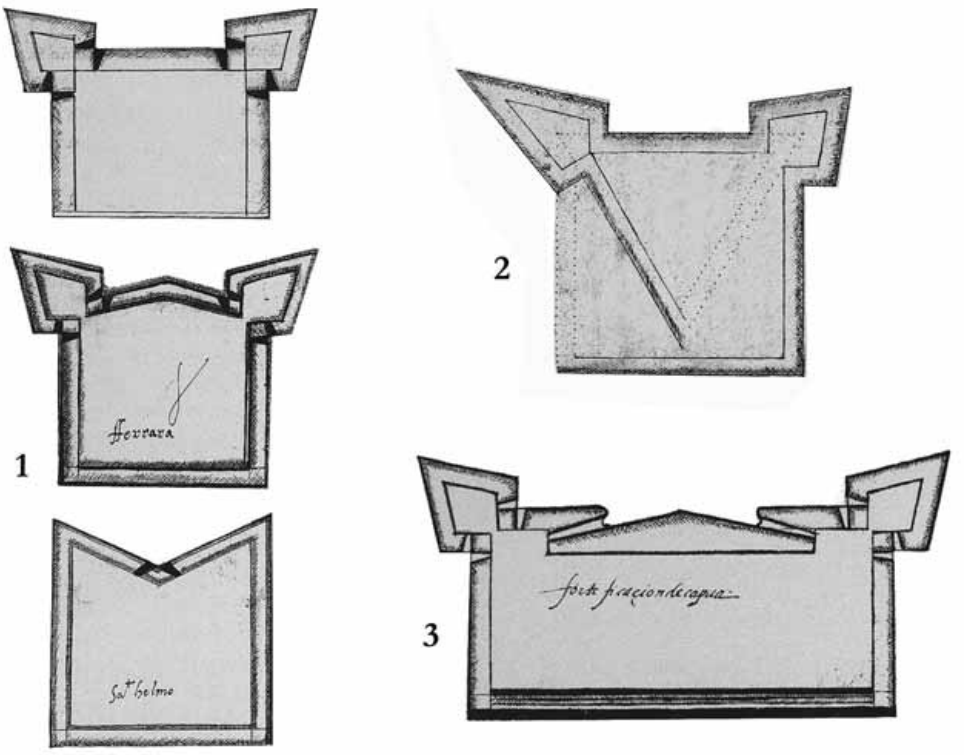
---

[42] Archivo Ducal de Alba (ADA), Madrid, C-130-142. Ya citado más completo en F. Cobos y J.J. de Castro: «El debate...», *op. cit.,* p. 254.

[43] «Que cuando se hace la mina en un muro flaco, cuanto más flaco es tanto menos daño suele recibir», dice Escrivá en el capítulo CL de su *Apología*.

Aunque la resistencia del fuerte de San Telmo fue determinante en el fracaso del sitio turco de 1565, la fortaleza no se hizo exactamente donde el Duque dijo, y ello contribuyó sin duda a su pérdida, junto con los defectos que señala con precisión Hughes[44]. De hecho, son estos defectos, que coinciden con los que Escrivá señala en su tratado para las cortinas con baluartes y para las troneras no cubiertas, los que hacen poco probable que el constructor de la fortaleza de Malta conociera algo más que los dibujos del tratado, sin haber podido interpretarlos adecuadamente.

El problema de la orientación de los baluartes respecto a la batería enemiga no estaba ni mucho menos resuelto a mediados de siglo, y cuando se plantea el cierre amurallado de la Valleta se barajan algunas soluciones de cortina retirada en tijera con baluartes «planos», sin ángulo agudo a la campaña, que escondían sus troneras a cambio de ofrecer sus muros perpendiculares a la batería enemiga (ver fig. 12.12).



12.13.* Apología *de Luis Escrivá (1538): *(1) Soluciones comparadas de cortina llana o común, cortina articulada en espiga de Ferrara y tijera de San Telmo en Nápoles; (2) Comparación de los baluartes resultantes de una planta cuadrada y una triangular para igual longitud de cortina; (3) Diseño para Capua.*

[44] HUGHES: «The siege of fort St. Elmo in 1565», *Fort,* n.º 10, Liverpool, 1982.

A finales del siglo, diseños como el de Vespasiano para Peñíscola seguían este criterio, mientras que otros, como Fratín en San Felipe de Setúbal, no renunciaban a colocar sus puntas frente a los padrastros, desde donde le podían hacer batería pero encapotaban sus troneras, el mismo criterio que defendía Rojas:

> poner a la cara del tal padrastro una esquina de valuarte, pero de tal manera, que desde el padrastro no emboque el enemigo las cañoneras de las casasmatas, que guardan la esquina del valuarte: y si por dicha fuere el padrastro muy alto en demasiado, en tal caso se pondrán unas traviesas muy espessas y altas, de suerte que cubra las casasmatas, y el enemigo decienda a dar el assalto, poderle ofender en campaña rasa[45].

IV.1. *Los tipos de cortina*

Descartada por Escrivá la orientación de la punta del baluarte hacia la batería enemiga, el debate de la Apología se centra en analizar las ventajas y desventajas de los frentes de cortina llana, en tijera o en espiga hacia el exterior, como en Ferrara. Escrivá analiza incluso la variante (aunque no la dibuja) de la cortina en tijera con baluartes en las esquinas (que luego propondría Tartaglia): «que cierto vendrían las cortinas a quedar en tal caso de muchos traveses defendidas pero para que no se embocasen algunos de ellos el uno al otro habríase de usar una gran arte»[46].

Reflexiona además sobre el hecho de que las caras de los baluartes solo las protege el tiro del flanco opuesto, mientras que la cortina está protegida por el fuego cruzado de los dos flancos «porque de los dos traveses que ofenden a los que combaten la cortina uno solo puede ofender a los que combaten el turrión»[48]. Asume, por tanto, que el punto más vulnerable de asalto es la cara del baluarte y no el centro de la cortina, y que desmontado uno de los flancos la fortaleza queda sin defensa:

> y esto así por la utilidad que se sigue del quitar los traveses como por la oportunidad que de ello resulta porque no solo es camino conveniente mas parte muy principal para que se pueda alcanzar y ganar lo demás[48].

Si analizamos los relatos de los asaltos turcos a Malta en 1565 y a la Goleta de Túnez en 1574, vemos claramente cómo la inutilización del fuego defensivo de los flancos es realmente el hecho determinante de la pérdida de las plazas, cuando estas se enfrentan a una artillería tan potente como la turca[49]. De esta idea surgen dos líneas de pensamiento en el tratado de Escrivá; por un lado, toda la teoría sobre la protección de las troneras encapotadas, que antes se ha explicado, y por otro algunas

---

[45] C. Rojas, *op. cit.,* p. 71.

[46] L. Escrivá, *Apología, op. cit.,* CXXXXII.

[47] L. Escrivá, *Apología, op. cit.,* XXX.

[48] L. Escrivá, *Apología, op. cit.,* XXX.

[49] La desagradable costumbre turca de disparar su artillería al tiempo de realizar los asaltos, aunque ocasionaba millares de bajas propias, impedía a los sitiados cualquier intento de defensa que no procediera de troneras bien protegidas. Sobre estos asaltos, ver F. Cobos y J.J. de Castro: «El debate...», *op. cit.,* pp. 262-264.

reflexiones sobre la ubicación de las troneras en el centro de las fortalezas, como en la solución de doblar las troneras en el centro de la cortina, según su diseño para Capua, o como en el sistema atenazado que construyó en San Telmo, en el que por su disposición «no se pude en ninguna manera tirando a batería [a romper el muro, perpendicular a él: A en la fig. 12.14] embocar la tronera y tirando a embocar no se puede hacer batería» [B en la misma figura, ya que entonces el muro presenta ángulo suficiente para «deflectar» el tiro][50].

V

Los ángulos y la proporción, la dimensión y forma de las plazas fuertes

V.1. *Plantas y medidas ideales*

La historiografía que habitualmente ha analizado la tratadística militar ha hecho referencia continua a la preferencia de algunos tratados por las plantas pentagonales, hexagonales o de más lados, aunque raramente ha explicado el porqué de esta preferencia. El desconocimiento y el desinterés de los historiadores actuales por la geometría contenida en los tratados, y el que muchos de estos, realmente meros manuales, no explicaban su elección de planta ideal, ha hecho creer al lector moderno que solo se trataba de una cuestión de moda o de una elección filosófica:

> El numero sextenario, que es entre todos perfecto segun los matematicos dizen, quanto por ser de seys triangulos compuesta que tanto la natura los ama que hasta las habejas y quasi todos los otros animales que tienen instinto de hazerse habitationes se afirma que en sextangular figura las constituyen, y estos vehemos que hinchen la figura circular, que es la mas excelente como Aristoles en el primo De celo et mundo prueva y en ellos la mesma se resolve y divide.

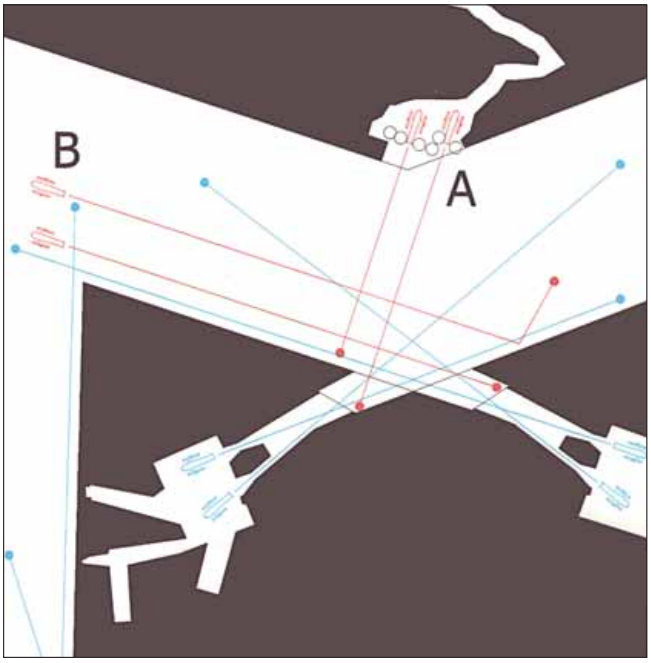
Dice con cinismo Escrivá en defensa de su castillo «sextangular» de San Telmo, aunque previamente había dicho que

> es assimesmo buena por ser de pocas lineas contenida porque de pocas defensas tiene necesidad y poca gente la guarda, porque menos circuytu tiene y assi con poca fabrica se haze y con poca costa y poca artilleria se defiende y sostiene, que son todas estas cosas muy importantes entre guerreros y haun entre principes.

La discusión del menor número de líneas es también en parte un falso camino para esbozar la teoría de la planta ideal; y Escrivá, que defiende la adecuación de la forma al lugar incluso para la planta triangular de Ferramolino en la Goleta, advierte (posiblemente, de nuevo, con mucho cinismo)

> que no has de pensar que yo de mi parte la alabo porque la figura triangular sea buena para usar en esta materia, que antes la tengo por la peor y más impropia de

[50] L. Escrivá, *Apología, op. cit.,* CXVIII.



12.14. Ilustración del comentario al texto de Escrivá: *«No se pude en ninguna manera tirando a batería (A) embocar la tronera y tirando a embocar (B) no se puede hacer batería». (Cobos, 2000).*

> cuantas se podrían pensar para en lugar igual y llano, más porque tengo por tan cierto como si lo viese que en el lugar donde está ninguna otra que ella se podría bien asentar [...] porque muchas veces la natura del lugar no solo suple en los defectos que la figura en otro cabo ternia, mas de mala la haze buena[51].

La crítica a la figura triangular que hace Escrivá (y que casi coetáneamente repite Bernardino de Mendoza contra el diseño de Ferramolino en la Goleta) se basa en que (ver fig. 12.13).

> la figura triangular, haunque tenga un angulo menos que la cuadrangular, es muy inferior ha ella, y para que mejor puedas juzgar si esto es assi mira primeramente quanta distancia por luengo y por traves ocupa el triangulo y quan poca plaça y quan desaprovechada es la que encierra dentro [...]. Secundariamente la entrada que della se puede dar a los turriones de sus angulos es quasi siempre estrecha y miserable [...]. La tercera y mas principal es que como los angulos, segun ya se ha dicho, no deven ser agudos, mas obtusos quanto mas es posible, en la figura trilatera en ninguna manera se pueden hazer turriones que no sean agudos y las puntas suyas quasi dos veces mas luengas que los que se hazen en la figura cuadrilattera, y assi vienen ha hallarse estas puntas tan delgadas y tan lexos del resto de la fortification que harto de poco es el enemigo que por costado no las sepa ruynar y destruyr.

[51] L. Escrivá, *Apología,* CXVI.

Escrivá aprovecha, de hecho, su dura crítica de la planta triangular para introducir las tres ideas maestras del diseño de una fortificación, luego generales en tratados posteriores y que a finales del siglo XVI Rojas repetirá casi de forma literal:

1. Deben evitarse los ángulos agudos en las puntas de los baluartes, por lo ya dicho antes; afirmaba Escrivá ser «más fuerte el ángulo recto que no el agudo», con lo que la figura de más de cuatro lados estaba ya obligada cuando argumentaba que para el ángulo de un polígono «de cualquier natura que sea siempre el turrión que en él se pone viene a ser más agudo de lo que el ángulo de sí era»[52], y a mayor número de lados del polígono principal resultan menos agudas las puntas de los baluartes, «que como los ángulos vendrían a ser obtusos, tanto menos punta y más obtusa los turriones suyos tendría»[53].
2. Dado que la dimensión del flanco es un dato fijo para cada tratadista, la otra forma de hacer menos agudo el ángulo del baluarte es aumentar el largo de la cortina, pero la dimensión de la cortina depende directamente de lo que años más tarde se llamará la «línea de defensa». Rojas, en su tratado, aseguraba que aunque

> las defensas que en aquel tiempo [en los diseños iniciales de la fortificación abaluartada] eran con artillería se han reduzido ahora a tiro de mosquete y arcabuz, porque al tiempo que el enemigo a metido sus trincheas [...] y quiere pasar el foso por el derecho de la esquina del valuarte [...] si estuviese la defensa a tiro de artillería pasarían los enemigos uno a uno casi al descubierto, por ser muy lexos la defensa, porque la pieça de artillería se suele tiras pocas vezes a un hombre solo, y siendo la defensa tan larga se pasa el foso con una trinchea muy baxa, que se hace con poco trabajo y es muy fuerte por estar poco levantada de la tierra [...] y siendo las defensas a tiro de mosquete y arcabuz no puede pasar el enemigo si no es con trinchea muy alta y siendo alta, es fácil derribársela porque la puede batir bien el cañón de la casamata[54].

   La evolución de las dimensiones del frente abaluartado en el siglo XVI que dibuja Rojas (fig. 12.15) es válida para los diseños y tratados italianos, pero no vale para muchas otras fortificaciones españolas. Lo cierto es que, por contra, ya decía Escrivá en 1538 que el largo de cortina más baluarte no debe superar el alcance efectivo de un arcabuz, «sin salir del orden que la puntería demanda», porque mayor dimensión permite al enemigo cubrirse con poca trinchera y

> repugna a ello la medida que conviene a la verdadera defensa que no ha de ser más lejos que cuanto puede tirar de puntería una simple escopeta o arcabuz y esto es porque no se debe constreñir ni limitar la fortificación a que solamente piezas gruesas la puedan defender[55].

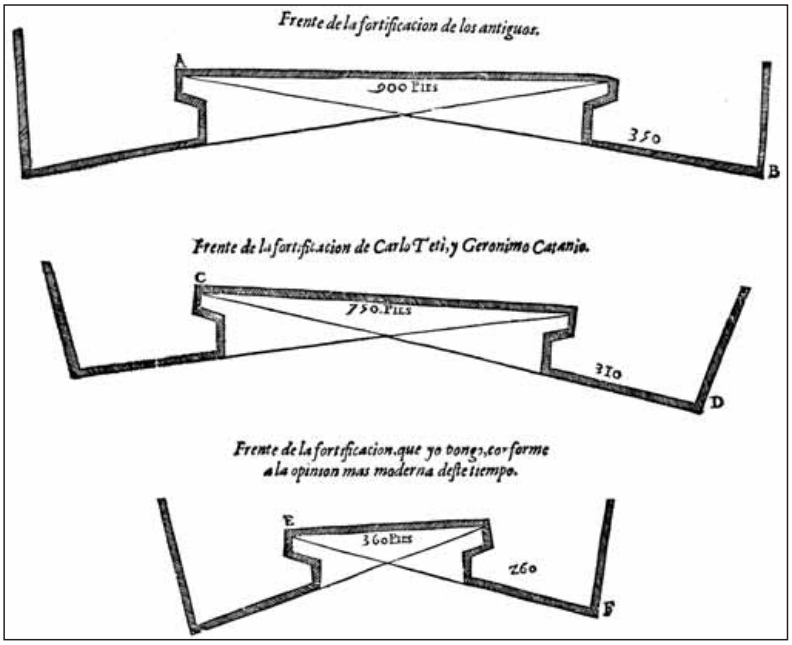
---

52 L. Escrivá, *Apología,* LXXXXVI, en un argumento al que años después volverá Tartaglia.

53 L. Escrivá, *Apología,* CXVI.

54 C. Rojas, *op. cit.,* p. 32.

55 L. Escrivá, *Apología,* CIV.



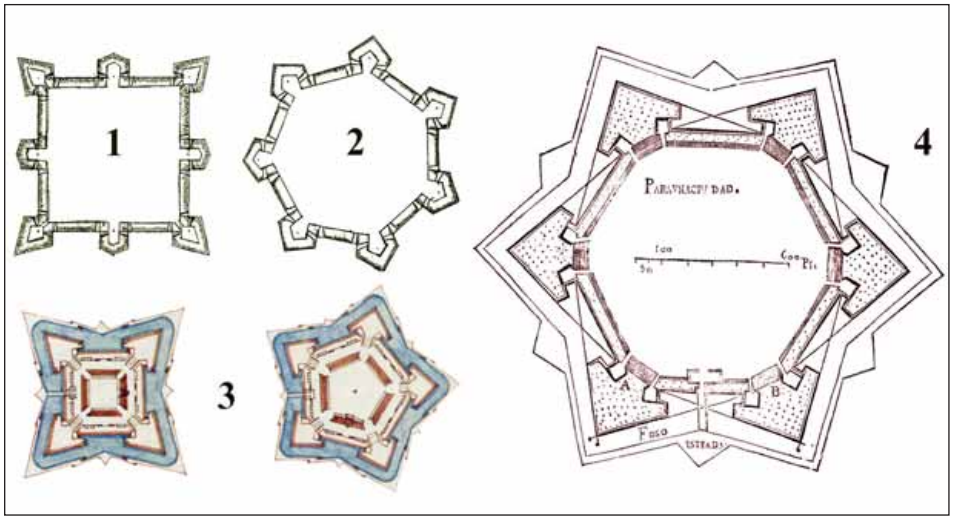
***12.15. Evolución del frente fortificado en el siglo XVI**, según el* Tratado *de Rojas.*

Esta será de hecho la postura que defenderán los militares españoles durante todo el siglo XVI; «porque en distancia tan grande [...] así mismo no hará efecto la mosquetería y mucho menos el arcabuzería que no es pequeño inconveniente porque, como dicho es, la defensa principal de una plaza es la mosquetería», repetirá Rojas en su tratado[56], amparándose en la opinión de los soldados viejos, entre los que quizá incluía, sin citarlo, a Escrivá.

3. Como ya veíamos en la crítica de la figura triangular, el tercer dato básico es la «cabida de las plazas» y su relación con el perímetro, es decir, con el coste de la muralla que encierra la plaza. No hace falta demostrar aquí —Escrivá lo enuncia como cosa sabida— que, en un polígono regular, a mayor número de lados, menor perímetro resulta para igual superficie. De ahí viene el interés de Rojas y otros tratadistas por explicar el método geométrico de medir y «reducir» unas figuras a otras. Véase, si no, el enunciado de la «Proposición XXV del libro VI» (de Euclides), de la que Rojas asegura que «es de mucho arte é ingenio para hazer una plaça semejante a otra que este hecha, aunque la que se pretende hazer se mayor ó menor que ella, y que sea igual a otra figura rectilínea diferente»[57], fundamentos que luego servirán al ingeniero: «ya

[56] C. ROJAS, parte segunda, p. 34.

[57] C. ROJAS, p. 13.



12.16. (1-2) Plantas comparadas *entre la traza rectangular y la heptagonal para igual medida de frente abaluartado:* Apología*, 1538;* ***(3) Dos propuestas*** *para la ciudadela de Cremona (A.G.S., M.P. y D., VII-116);* ***(4) Planta hexagonal,*** *según Rojas en su* Tratado*.*

pues que he tratado muy largo de sumar, resta, multiplicar y partir figuras, será bien dar particular quenta de cómo se medirá cualquier recinto de fortificación»[58], con el fin de ajustar tanto las necesidades de espacio como los costes de la obra a las leyes del diseño.

De esta forma, dado un alcance de tiro, un formato de baluarte y un tamaño de plaza deseado, el número de lados está casi forzado si se procura tener ángulos rectos u obtusos en las puntas de los baluartes. De forma gráfica define Escrivá, *«para lugar llano e igual»*, una planta poligonal ideal que en el prolijo capítulo CXVI de la *Apología* se compara a una solución de planta cuadrangular (fig. 12.16). Una planta ideal para el alcance del fuego de la época (*«que las defensas no fuesen más ni menos distantes que en la planta cuadrilatera»*), que con siete lados presenta ángulos rectos en las puntas de los baluartes, menor perímetro, menos baluartes y una cabida similar.

Obviamente, si tanto Escrivá como Rojas aseguran que las plantas de siete o más lados eran propias para una ciudad, o si la planta pentagonal fue la preferida para las ciudadelas en el siglo XVI, ello era básicamente el resultado de dividir el perímetro correspondiente a la cabida de la plaza entre la longitud «que la puntería demanda»[59]. Cuando se criticaba, por tanto, que la ciudadela de Amberes era tan

[58] C. ROJAS, p. 64.

[59] Escrivá no da dimensiones y Rojas define un frente fortificado a partir de un lado de 600 pies, tanto para polígonos de tres como de siete lados.

grande que los arcabuces no podían defenderla, lo que se pretendía decir es que para su tamaño debería haber tenido seis lados y no cinco. Rojas lo explica muy gráficamente cuando dice que «si la plaça grande era de 5 cortinas, haré yo la mía de 6 de forma, que iré siempre reduciendo las defensas a tiro de mosquete, y supliendo la grandeza de la plaça con echarle un valuarte más o menos»[60].

El fundamento técnico del debate sobre la «planta ideal» es este. Ya está claramente explicado en el primer tratado de fortificación moderna, aunque muchos lo ignoraran en el siglo XVI, y de esta forma lo contaba Escrivá:

> Si el spatio que tienes en animo de comprehender es de grandeza tal que con quatro defensas se puede convenientemente defender sin sallir de la orden que se requiere al termino que la punteria demanda, deve hazerse la figura quadrilattera [...] Mas por ventura si quissieses hazer un fuerte de un campo/ o de un pueblo/ o de cosa semejante [...] antes escogeria la pentilattera que la cuadrilattera y antes la hexagona que la pentilattera, y quantos mas lados le pudiesse hazer por mejor la ternia, pues la grandeza del lugar fuesse tal que qualquiere dellos huviesse de tener otra tanta distancia del un angulo al otro como las defensas en el llano de la cortina del cuadrangulo dixe que devrian tener, y esto ordenarlo haya yo desta manera: que escogido el lugar que quisiesses tener por centro pornia en el la una punta del compas y bolvyendo la otra en derredor haria un circulo tan grande que fuesse capaz de los angulos que para defenderle son necesarios, y hecho el circulo hiria de tantas en tantas canas quantas tuviesse por bien que huviesse de un traves a otro travessando lineas rectas en torno de hygual distancia unas de otras cortando el circulo, y entonces, pues que las defensas no fuessen mas ni menos distantes ni en numero excediessen las que en la figura cuadrilatera havrian dentrevenir, se mejoraria esto: que como los angulos vernian a ser obtuso, tanto menos punta y mas obtusa los turriones suyos ternian y cada un turrion ternia las cortinas suyas y los turriones compañeros mas favorables y en ayuda suya de lo que ternian los turriones de los angulos del quadro[61].

Hemos visto, pues, que para un tamaño determinado de plaza, la elección del número de lados no es una opción posible salvo que no se respeten las limitaciones impuestas por el alcance de la «línea de defensa». Sin embargo, el coste era también determinante y no pocas veces era el dato inicial, antes incluso que el tamaño de la plaza. Si repasamos ahora la geometría de las dos propuestas para la ciudadela de Cremona que el ingeniero Clarici remitió al Consejo de Guerra en 1595, una de planta cuadrada y otra pentagonal, observamos que ambas no son, aparentemente, comparables; la de planta cuadrada encierra menos plaza y tiene la línea de defensa (de casamata a punta de baluarte) un 20% más larga, y los ángulos más agudos, a cambio de tener menos baluartes y necesitar menos guarnición; la pentagonal, por el contrario, encierra más plaza y tiene la línea de defensa más corta, aunque necesitará más guarnición por tener más baluartes y casamatas. Pero si las observamos más atentamente (y las medimos), comprobamos que ambas fortalezas tienen el

[60] C. ROJAS, *op. cit.,* p. 33.

[61] L. ESCRIVÁ, *Apología,* CXVI.

mismo perímetro, lo que para un muro terraplenado continuo como es la fortificación supone, de hecho, un coste parecido; y a falta de confirmar si esta coincidencia fue premeditada —cuesta creer lo contrario—, la cuestión del coste de construcción podría haber sido la base de ambos diseños.

De esta forma, si Escrivá partía de una cabida similar para definir el número de lados, aunque no da dimensiones del alcance «que la puntería demanda», y en el ejemplo de Cremona el dato previo pudo ser el coste, variando tamaño y forma, Rojas define ya claramente como dato inicial un lado de polígono de 600 pies (ver figura 12.16), que con las proporciones de cortina y baluarte que da se corresponde, más o menos, con el alcance de sus defensas; y, lógicamente, a mayor número de lados, mayor plaza se ocupa. Este fue, de hecho, el sistema que se normalizó a lo largo del siglo XVII; cada tratadista proponía, explícita o implícitamente, una dimensión de «línea de defensa» que, en función de las medidas de los flancos, golas y caras de baluartes que recomendaba, daba una dimensión concreta para el lado del polígono con el que trazar las plantas de las fortalezas. No puede entonces extrañarnos que 162 años después del tratado de Escrivá, en 1700, Sebastián Fernández de Medrano, al referirse a las «máximas y preceptos» en su tratado de fortificación, empezara diciendo que «la primera máxima es que la línea de defensa no sea mayor que el alcance de el mosquete de punto en blanco»[62].

VI

Los modelos ideales y la adaptación al lugar

VI.1. *«Que como ningun lugar hay que totalmente sea como el otro, asi variamente se deven las fortalezas a los lugares acomodar»*

Las reglas antes dichas solo sirven «para en lugar igual y llano», que decía Escrivá, y el diseño «ideal» propuesto «es en campaña rasa, libre de cualquier padrastro», como avisaba Rojas. Pero cuando el terreno tenía forma o accidentes que hacían inviable o inconveniente la ejecución de una fortaleza regular, la diferencia entre los ingenieros que copiaban un modelo y los ingenieros que verdaderamente conocían los principios de la fortificación se hacía más evidente. Es entonces cuando los debates adquieren mayor interés y donde muchos demostraron su maestría. A menudo esta maestría se confundía con la heterodoxia, y es aquí, precisamente, donde no podemos olvidar la diferencia esencial entre Escrivá en 1538 y Rojas sesenta años más tarde. Podría decirse que el Escrivá que construye L'Aquila o San Telmo es —junto con Sangallo y pocos más— uno de los últimos «inventores» de soluciones personales de fortificación en el periodo de transición. Pero a partir de

[62] S. Fernández de Medrano: *El arquitecto perfecto en el arte militar*, Bruselas, 1700, p. 8.

1550 el bastión de plazas bajas descubiertas que ya veíamos hacia 1530 en Verona, Pésaro o Fuenterrabía se aplicará como modelo universal sin distinción de lugar, país o situación. Podríamos pensar entonces que todos los otros caminos explorados en el periodo de transición fueron estériles; y, sin embargo, todas las cuestiones debatidas en el tratado de Escrivá siguieron presentes en los debates entre ingenieros y militares del siglo XVI.

La paradoja de la *Apología* de Escrivá es que, siendo el primer tratado que aborda la fortificación moderna desde sus claves técnicas y plantea casi todos los temas de debate que se evidenciarán en los años sucesivos, no propone modelos que seguir, solo reflexiones críticas sobre principios generales de fortificación. No en vano podría afirmarse incluso que el Escrivá autor de la *Apología* es el primer heterodoxo de la fortificación moderna, y la heterodoxia empieza por negar que exista un modelo perfecto que seguir. En un siglo en el que los tratados posteriores proponían siempre modelos de fortificaciones inexpugnables, no es poca originalidad; pero quizá no podía esperarse menos de un personaje que en pleno Renacimiento, y en su obra galante y cortesana *Tribunal de Venus*, publicada en Venecia en1537, se decantaba antes por el amor carnal que por el platónico[63].

Si el modelo de baluarte de Sanmicheli y del duque de Urbino era una referencia ya en 1538, y luego sería la base que permitiría a Vasari considerarlo el modelo primigenio de toda la fortificación abaluartada, no está de más que recordemos ahora la opinión de Escrivá sobre la fortificación de Pésaro, uno de los primeros y más famosos ejemplos de este modelo:

> Has de saber que yo alabo de muy excelente aquella fortification para el lugar en donde está y mas alabo al duque de Urbino, que supo usar tan grande arte en ella que no pareçe que la necesidad en que le puso el lugar le haya constreñydo ha hazerla de aquella manera; y los ignorantes que no entienden esto piensan que por haverla hecha el duque de Urbino y alli estar bien que en todo cabo lo estará, y esto es lo que yo reprehendo y digo que tanto quanto alli esta bien en otro cabo que no tuviesse aquellas qualidades estaria mal[64].

La negación del modelo o de la escuela es la base del tratado de Escrivá, aunque la historiografía italiana insista en considerar al arquitecto español un mero seguidor de la escuela veneciana del duque de Urbino. Y el sometimiento al modelo se niega por la necesidad de adaptarse al lugar concreto:

> Yo no presumo hazer ley de por mi para que otros la hayan de seguir si no les viene a proposito; solo entiendo en servir a mi principe lo menos mal que puedo sin per-

[63] Y utilizaba una alegoría militar para mostrar sus intenciones: «[...] los viriles ingenios: con que se toma la femenil fortaleza, los quales para bien espuñar, para bien escalar los altos muros de la natural verguença: para romper/para derribar/la echiza torre de la falsa honestidad: es necessario como a rezios baluartes se asienten para haver de dar el amoroso combate causador de gloriosa paz». LUDOVICO SCRIVA CAVALLERO VALENCIANO, *Veneris Tribunal*, Venecia, 1537, fol. 38v.

[64] L. ESCRIVÁ, *Apología*, capítulo LXVI.

12.17. «Traza que va en perspectiva por mirar mejor el relieve», *a la que alude Vespasiano Gonzaga en su carta de 1574. Dibujada por Juan Bautista Antonelli a partir del proyecto del mismo Vespasiano corresponde a Mazalquivir en Orán, Argelia (A.G.S., M.P. y D., VII-103).*

> juyzio de nadie, y si dexo de seguir la oppinion de los otros no lo hago a fin de contrariar, como tu dizes, mas porque me pareçe que no soy obligado en este caso ni devo mirar el uso sino la verdad de la cosa, porque la forma del guerrear y los instrumentos y machinas de guerra se mudan y assi esto se puede segun la ocurrentia y se deve mudar y maxime segun el lugar, que como ningun lugar hay que totalmente sea como el otro, asi variamente se deven las fortalezas a los lugares acomodar[65].

En este punto deberíamos librarnos de la mala costumbre que tienen algunos historiadores del arte españoles cuando consideran que la arquitectura que sigue fielmente los tratados y reproduce modelos foráneos es mejor y más culta que la que produce edificios más «heterodoxos»[66]. Y si al hilo del anterior texto de Escrivá recordamos aquella máxima ya citada de Gonzalo de Medina Barba: «El que sabe no ha de estar atado a solo lo escrito, sino a imaginar e inventar de suyo según estos principios», podríamos preguntarnos, retóricamente: ¿Qué hace el que no sabe?; seguir los modelos de los tratados, supongo.

Este es, quizá, el fondo de la cuestión y la clave del debate entre los ingenieros y militares de la Monarquía española en el siglo XVI. En 1574 —y es solo un ejemplo—

[65] L. Escrivá, *Apología*, XVII

[66] Acaso lo que ocurre es que la primera es más fácil de estudiar que la segunda, que requiere del historiador conocimientos más profundos para valorarla.

un militar italiano al servicio de España, Vespasiano Gonzaga, proponía una solución atenazada adaptada al terreno para el fuerte de Mazalquivir (Argelia) y criticaba los proyectos de un ingeniero también italiano, Juan Bautista Antonelli. Sus argumentos puramente técnicos muestran la pervivencia de esta crítica heterodoxa enfrentada a la rígida ortodoxia del modelo italiano. Dos frases de Gonzaga ilustran el fondo del debate; la primera, en carta al duque de Alba desde Orán: «A Juan Bautista le parecía que si no era en la forma canónica y con baluartes no se podía fortificar». La segunda, más conocida y contundente, en carta a Felipe II:

> porque el arte es justo que se acomode y sirva a la naturaleza en estos lugares pero es dolencia de ingenieros no saber fortificar sin baluartes y casamatas y usar del compás[67].

Este pragmatismo en el diseño de fortificaciones que huye no solo de las formas ideales, sino incluso de las formas canónicas, renace en la España de Felipe II tras la derrota sufrida en la Goleta de Túnez en 1574, cerrando un capítulo de optimismo en el que los modelos «perfectos e inexpugnables» postulados por los tratados habían hecho creer a muchos que el arte de la fortificación había alcanzado la perfección de un sistema cerrado. Y este pragmatismo empapará a los ingenieros que fortificarán las costas atlánticas de Portugal y América en los años siguientes; el conjunto de fortificaciones irregulares y adaptadas al terreno que así surgieron ha sido reconocido como una escuela propia de fortificación hispanoamericana. Evidentemente, la irregularidad no es patrimonio exclusivo de las fortalezas españolas; pero hemos planteado que ingenieros como Bautista Antonelli, hermano de Juan Bautista y autor de las primeras grandes fortificaciones americanas en Cuba y México, son hijos del espíritu heterodoxo de los militares españoles cuyo mejor exponente fue, paradójicamente, en estos años, el italiano Vespasiano Gonzaga[68]. Es posible que los debates entre los ingenieros heterodoxos que trabajan sobre el terreno en América y los ingenieros ortodoxos que revisan los proyectos en Madrid no justifiquen una escuela hispanoamericana de fortificación, aunque el argumento se refuerza indirectamente si estudiamos con atención la fortificación de Peñíscola por Vespasiano Gonzaga, con Bautista Antonelli como aprendiz de brujo y dibujante.

Peñíscola fue diseñada por Gonzaga cuando era virrey de Valencia y ejecutada con una planta eminentemente defensiva, a la manera de Escrivá, respecto al único posible ataque desde el frente de tierra. El diseño combinaba un frente en tenaza con baluarte central plano (sin punta hacia tierra) y un gran semibaluarte, el de Santa María, cubiertos ambos por con tijeras laterales. Ocupa una posición muy parecida a la de los diseños que proponía Rojas para fuertes marítimos con un solo frente de tierra, como los que diseñó en Bretaña o el de Santa Catalina de Cádiz, y en dicha

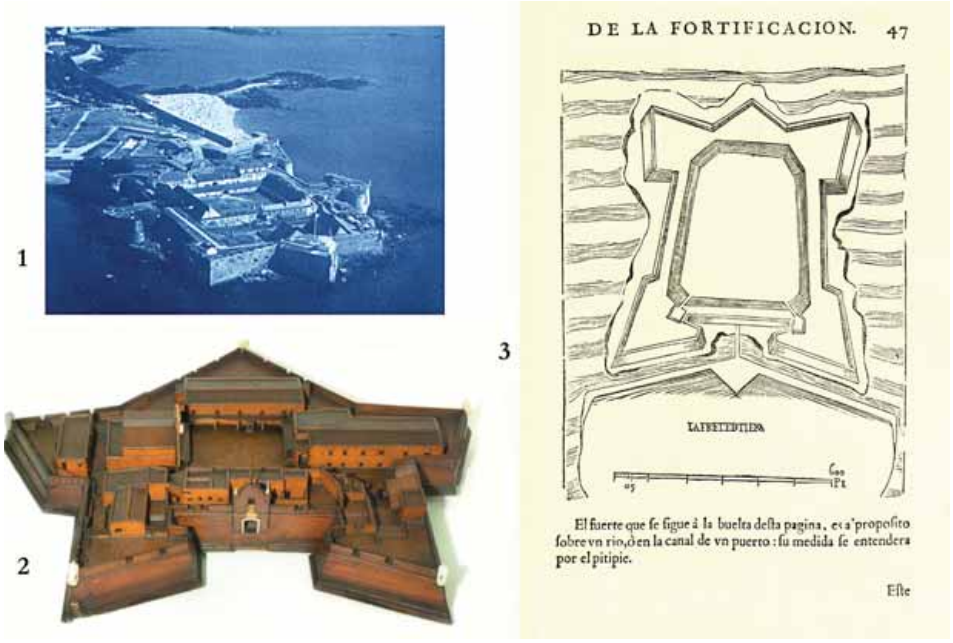
[67] En la versión conservada en Simancas (AGS, Guerra Antigua, legajo 78, fol. 9). Sobre estos debates, ver F. Cobos y J.J. de Castro: «Los debates...», *op. cit.,* p. 266, y F. Cobos: «Pallas y Minerva, Militares e Ingenieros...», *op. cit.*

[68] F. Cobos, J.J. de Castro y A. Sánchez-Gijón, *op. cit.,* p. 202.

posición era lógico, como el propio Rojas reconocía en su tratado, que las puntas de los semibaluartes laterales hubieran sido algo agudas, adentrándose en el mar y escondiendo la casamata que cruza el fuego desde atrás:

> algunos sitios adonde es cosa forzosa ser los ángulos de los valuartes acutos, especialmente en una plaza que se hiciesse en la marina, que tuviesse sola una frente a la tierra, y lo demás circundado de mar, allí es fuerza que los dos valuartes, que tocare a la una orilla, y a la otra de la mar, han de ser agudas sus esquinas, porque los traveses que se hacen de tras, guarden las dichas esquinas: y es cosa muy clara, que si en este sitio fuesen muy obtusos los ángulos de aquellos valuartes, que con facilidad se llegaría el enemigo a ellos a barba, pues el artillería del castillo no podría cruzar aquellos ángulos, por ser obtusos.

Realmente es el mismo argumento que daba Escrivá sobre la orientación de las puntas de los baluartes y la vulnerabilidad de la tronera que tira de frente al enemigo. Si haces el ángulo recto u obtuso, tu tronera o «traves» se ve desde el frente de tierra y puede ser embocada con facilidad. La disputa sobre Peñíscola entre Bautista Antonelli, que defiende el diseño de Vespasiano Gonzaga, y el Fratín, que quiere acortar el baluarte, recoge estas reflexiones, aunque la solución se complica cuando ambos pretenden, aparentemente y aunque no lo digan expresamente, mantener el ángulo recto en la esquina del baluarte. Entre los «inconvenientes que halla el inge-



12.18. Cristóbal de Rojas: *(1) Blavet, Lorient (Francia), h. 1592; (2) Modelo del siglo* XVIII *de la fortaleza de Santa Catalina, Cádiz, 1598; (3) Modelo de fuerte al borde del mar, según su* Tratado*, 1598.*

12.19. (1) Traza de Peñíscola *según el proyecto de Vespasiano Gonzaga y dibujo probablemente de Bautista Antonelli en 1579, con las reformas que pretendía hacer el ingeniero Fratín (A.G.S., M.P. y D., IX-59);* ***(2) Planta del Morro de La Habana****, a finales del siglo XVI, donde se aprecia el estado de construcción del diseño adaptado al lugar que hizo Bautista Antonelli.*

niero Bautista Antonelli en cerrar el baluarte de Sta. Maria conforme a la traza del Fratin»[69] (ver figura 12.19.1) alega que

> si se pasa de adelante como las lineas negras señalan haciendo la tenaza en las dos casamatas dejaba lugar donde podra poner el pie el enemigo y pueda llegar a pisar sin que de arriba pueda ser ofendido y esto lo causara no poder pescar la artilleria

[69] AGS, Guerra Antigua, leg. 90-23.

> que estuviese en la casamata que sera hasta los puntos colorados. Es bien verdad que haciendo la de amarillo tendra el mismo defecto mas tengo gran ventaja en tener la mar por foso [...] Y a lo que dize que el traves de la traza de las lineas amarillas sera embocado del llano del arenal digo que mucho mejor seran embocados los traveses de las lineas negras porque se les puede tirar del arenal por linea recta como se demuestra en la traza y el traves de la traza primera lo cubre la punta que entra en el mar y para embocar la casamata señalada con la .D. sera necesario ir mas adelante y habra mas distancia.

VI.2. *«Saber reconocer bien el puesto donde se ha de hacer la fortaleza»*

Antes de continuar analizando Peñíscola necesitamos recordar cómo, a juicio de Rojas, «la tercera y más principal» de las cosas que son necesarias para la fortificación «es saber reconocer bien el puesto donde se ha de hacer la fortaleza», aunque admitía seguidamente que

> será difícil saberlo dar a entender y enseñar al ingeniero, si no hubiere estado en la guerra en ocasiones y cerca la persona de algún gran soldado [...] que este asunto es materia de soldados viejos[70].

Y como, por lo ya dicho, Vespasiano Gonzaga representa perfectamente al militar experto al que alude Rojas, puede servir de ejemplo para conocer cuáles eran los criterios que se seguían para elegir el lugar de fortificación.

Hace algunos años, cuando comenzamos a estudiar la fortificación de Peñíscola[71], planteábamos la duda de si cuando Vespasiano la hizo pretendía realmente levantar una fortaleza vital para el sistema de defensa de la costa o si por el contrario se proponía construir un modelo ideal de fortaleza inexpugnable por su adecuación a la naturaleza del lugar.

La fortificación de Peñíscola resultaría, así, expresión arquitectónica de la vanidad de un príncipe del Renacimiento, y al mismo tiempo, paradójicamente antagónica, en su solución formal, de la ciudad fortificada que se hizo construir el mismo Vespasiano en Sabioneta, modelo casi unánimemente reconocido de ciudad ideal renacentista italiana[72].

La duda se fundamentaba en las declaraciones del ingeniero Fratín, quien, tras la marcha de Vespasiano a Italia, afirmaba estar de acuerdo con el nuevo virrey, «que

---

[70] C. Rojas, *op. cit.,* fols. 1 y 2.

[71] F. Cobos, J.J. de Castro y A. Sánchez Gijón, *op. cit.,* p 199.

[72] Posiblemente habría que redefinir la valoración de Sabioneta como modelo de fortificación ideal italiana, admitiendo en todo caso un moderado contraste con la obra española de Gonzaga que sería un modelo, por lo ya dicho sobre su necesidad, de fortificación irregular y heterodoxa a la española. Casi simultáneamente a la obra de Peñíscola se habían construido en España dos edificios, modelos y museos ejemplificadores del arte y la gloria militar; el palacio del Viso del Marqués en Ciudad Real, por iniciativa del almirante Álvaro de Bazán, y el castillo de San Leonardo en Soria, promovido por el capitán general de la artillería Juan Manrique de Lara (F. Cobos y J.J. de Castro: *Castillos y Fortalezas..., op. cit.*, pp. 266-267).

dize que si en su tiempo se començare aquella obra no fuere el de pareçer que se hyzieçe porque no guarda puerto ni paço y que si pareçe que se edifico mas por ser sitio aparejado a fortificarçe que no combeniente»[73].

Pero la paradoja de Peñíscola no está realmente en que el príncipe levantase una fortificación innecesaria solo «por ser sitio aparejado a fortificarçe». La verdadera paradoja, que convierte a Peñíscola en paradigma de la llamada escuela de fortificación hispanoamericana, consiste en que, pudiendo haber elegido cualquier lugar que permitiese levantar otra fortaleza, igual de innecesaria pero que respondiese a un modelo regular ideal, se eligió un emplazamiento que solo podía ser fortificado de forma irregular. ¿Entendía pues Vespasiano, al igual que Medina Barba, que la maestría se demuestra no sujetándose a modelos o tratados sino adaptándose y dominando la naturaleza?

> Triunfante el héroe, no menos con el arte que con fuertes armas, Gonzaga rodeó el peñón con gigantesca muralla, construyó estos sillares e hizo de estos muros que manaran agua [...] Así se domina necesariamente la tierra y también el mar.

Así dice la inscripción de la fuente de Peñíscola, respondiéndonos.

Se acepte, por tanto, o no que la elección-adaptación al lugar es la característica determinante de la fortificación española, no deja de ser sintomático que el tratado de Escrivá, en cuanto que obra de un militar español y como primer tratado conocido que aborda los principios básicos de la fortificación abaluartada, ya presente este principio como determinante de toda la teoría de la fortificación práctica. La conclusión del tratado, que podemos tomar también como conclusión de este estudio, argumentada en el análisis de muchos de los problemas aquí referidos, consiste en negar que exista una fortificación ideal. Renuncia así Escrivá a proponer fortalezas perfectas o inexpugnables —y a encontrar lugares ideales para construirlas—, buscando decididamente el «sitio aparejado a fortificarse» cuando dice:

> que habiendo de ser la verdadera arquitectura una música bien acordada, como Vitrubio quiere, no hallo forma ni remedio alguno con el que pueda en este caso librarme de tropezar y para mí la más sabia cosa que para esto pienso que se podría hacer sería despertar el ingenio y mirar muy bien antes de edificar la disposición del lugar y la facultad y forma que tiene para fortificarse y la que al enemigo le queda para poderle offender y estas contrapesadas repartir los defectos y no hazer que todos caigan a un cabo o veramente aliviar o cargar en los que con menos daño se sufre ya que sin ellos es imposible estar[74].

---

[73] F. Cobos, J.J. de Castro y A. Sánchez-Gijón, *op. cit.,* p. 201.

[74] L. Escrivá, *Apología*, CIV.

Bibliografía

Cámara, A.: *Fortificación y ciudad en los reinos de Felipe II,* Madrid, 1998.

Cobos, F.: «Tecniche ossidionali e difensive aragonesi e espagnole», en A. Turchini (a cura di), *Castel Sismondo, Sigismondo Malatesta e l'arte militare del primo rinascimento*, Rímini, 2003.

— y J. de Castro: «Diseño y desarrollo técnico de las fortificaciones de transición españolas», en HERNANDO (2000), pp. 219-243.

— «El debate en las fortificaciones del imperio y la monarquía española», en HERNANDO (2000), pp. 245-267.

— J. de Castro y A. Sánchez-Gijón: *Luis Escrivá. Su Apología y la fortificación imperial*, Valencia, 2000.

Cresti, C., A. Fara y D. Lamberini (eds.): *Architettura militare nell'Europa del XVI secolo*, Siena, 1988.

Hernando, C. (coord.): *Las fortificaciones de Carlos V*, Madrid, 2000.

Maggiorotti, L. A.: *Gli architetti militari italiani nella Spagna, nel Portogallo e nelle loro colonie*, Roma, 1939.

Mariátegui, E.: *El capitán Cristóbal de Rojas. Ingeniero militar del siglo XVI*, Madrid, 1985.

Vigano, M.: *Architetti e ingegneri militari italiani all'estero, dal XV al XVIII secolo. Volumen II: dall'Atlantico al Baltico*, Livorno, 1999.

13
La minería

Julio Sánchez Gómez
Universidad de Salamanca

El siglo XVI supone el renacimiento de las actividades mineras tras el abandono en que caen las grandes explotaciones romanas en el Bajo Imperio. Es cierto que hubo minas en los dominios islámicos y que los fueros locales castellanos hacen referencia a veces a trabajos mineros, lo que indica que algún trabajo se realizaba. Está bien documentada, desde luego, la extracción de hierro en el País Vasco, en los aledaños de los Pirineos y en otros puntos, sin que se tengan apenas noticias de la continuidad de los trabajos ni de las cantidades que se producían; está constatada también en documentación bajomedieval la elaboración de productos como la galena para alfarería —el llamado «alcohol»—. Pero siempre se trató de trabajos muy simples, puros agujeros que se abandonaban cuando se llegaba a una profundidad que complicaba la explotación. Verdadera minería, en el sentido de labores complejas para extraer productos minerales, no hubo en realidad antes del siglo XVI.

Esa centuria va a ver la constitución por vez primera de un sector minero en manos de la Real Hacienda, que para ello desarrollará un principio legal surgido en la Baja Edad Media —con las Partidas y el Ordenamiento de Alcalá— y no utilizado hasta entonces. Con este sector minero real coexistirá una minería en manos privadas de un extremo raquitismo, si se excluye la producción de hierro vasco y la de alumbre del sureste, ambas tomadas como conjunto.

Será la década central del siglo XVI la de la restauración minera hispana. Coinciden entonces una serie de factores, de los que dos son especialmente destacables. Ambos favorecen el que la Corona fije su atención en el sector minero: por una parte, la difusión por América del procedimiento de amalgamación de plata con mercurio, que hace imprescindible la renovación de Almadén como fuente, entonces única, de producción de este ingrediente; y, por otra, el descubrimiento de la mina de Guadalcanal, un auténtico meteoro productivo que en un tiempo corto produjo una cantidad tan considerable de plata que hizo concebir esperanzas a la administración real de convertirla en una fuente fundamental de ingresos para la Real Hacienda.

La renovación se produjo sobre todo como consecuencia de la acción de técnicos procedentes del área germánica, que fueron contratados por la Corona y que importaron las técnicas avanzadas comunes en la Europa central. La Península Ibérica se convertirá con ello en el puente de transmisión de las innovaciones en minería y metalurgia hacia la actividad minera mucho más importante de América, así como, más tarde, cuando América comience a crear sus propias técnicas minerometalúrgicas, Europa recibirá esas novedades a través de la parte europea del Imperio.

Pero la renovación de la minería se quedará muy corta en los dominios peninsulares. Afectará solo a la efímera mina de Guadalcanal y en menor grado a la de Almadén y a algunas minas menores del entorno de Sierra Morena; toda una serie de factores incidirá en que la técnica renovada no vaya más allá de estas dos empresas: por un lado, el incremento de costes que se produce en el último tercio del siglo hace inviables muchas explotaciones y, por otro, el grado de profundidad a que había llegado la mayoría de las minas conocidas ya en la época romana hacía que su vuelta al trabajo se convirtiera en económicamente inabordable. Sí tuvo, sin embargo, importancia a largo plazo la renovación de mediados de la centuria en el caso americano.

La fluida relación establecida por la minería hispana con la ultrapirenaica se verá interrumpida en los años 70, cuando el temor de la monarquía al contagio protestante del Norte levante barreras infranqueables entre la Península y el mundo germánico afectado por la herejía. A partir de 1575 solo llegarán a España técnicos procedentes de los dominios de Su Majestad Católica, Flandes o Italia sobre todo. Hasta 1750 no volverá a abrirse la minería peninsular a la relación con la Europa del norte, en un intento por volver a colmar el vacío técnico que el aislamiento había producido durante casi dos siglos.

I

La demanda de productos extractivos en el mundo renacentista

La actividad extractiva y de transformación de bienes del subsuelo dirigía su atención, a fines del siglo XV, a un conjunto de productos mucho menor que el que se conoce hoy. Aparte de los productos extractivos no metálicos —pizarra, caliza, mármol, etc.— usados en construcción y alfarería, eran utilizados desde la Antigüedad el hierro, el cobre, el plomo, el estaño, el oro, la plata y el mercurio entre los metales. Los combustibles minerales, conocidos desde la Baja Edad Media en zonas muy restringidas de la Europa Occidental, empiezan a hacer progresos desde fines del siglo XVI en el norte del continente europeo frente a la madera. Se saca provecho de la aguda crisis forestal de zonas como Inglaterra o los Países Bajos y la ventaja de que, a diferencia de aquella, son de uso directo y no precisan transformación previa.

Ciertos metales no bien conocidos eran utilizados a lo largo de esta centuria, si bien solo más tarde fueron plenamente distinguidos de otros. Es el caso del arsénico, usado en aleaciones por los egipcios, pero que no es descrito como un produc-

to diferenciado hasta mediados del siglo XVII, si bien compuestos suyos como el rejalgar o el oropimente se utilizaban con frecuencia. O el del bismuto, empleado ya en el siglo XV en aleaciones para tipos de imprenta, mencionado por Agricola y Álvaro Alonso Barba como un elemento diferente del estaño y el plomo, pero que será reconocido como un metal distinto en el siglo XVIII. Algo semejante ocurría con el zinc[1] o con el antimonio, empleado, no sin polémica, para usos médicos y mencionado como elemento diferenciado por primera vez en esta centuria, así como el cadmio, utilizado en aleaciones de bronce, y el cobalto, conocido en el siglo XV como «azul» y usado en tintes y cerámica, pero que solo en el siglo XVIII es perfectamente diferenciado. Una parte de estos productos fue conocida solo en círculos restringidos y su producción fue muy limitada. La actividad minero-metalúrgica se dirige sobre todo a la obtención de los siete metales citados al principio, quedando los últimos casi como meras curiosidades.

En relación con la demanda, es preciso hacer algunas precisiones. Los metales se ubican en el consumo en un lugar incomparablemente menor en términos relativos que el que ocuparán después del siglo XIX y se sitúan a gran distancia de la producción agraria y textil, únicas actividades que podían considerarse de primera necesidad. Hasta fines del siglo XVIII, Europa y, aún más, América tenían una capacidad muy limitada para la industria metalúrgica y de transformación metálica antes del uso generalizado del carbón mineral, del hierro fundido y el acero o del cobre en fundiciones a escala significativa; solo adquirirán una capacidad suficiente cuando se produzca un tirón importante de la demanda, tras la aparición de las máquinas y los barcos de vapor, las líneas férreas y la extensión de la máquina como herramienta de trabajo. Es cierto que a lo largo del siglo XVI se produce un desarrollo de cierta importancia de la máquina, potenciado por la invención de nuevos sistemas de transmisión del movimiento; se inventan máquinas de desagüe, de laminar, fabricar planchas y barras de metal, etc., hasta el punto de hablarse por algunos especialistas de «primera mecanización», en el caso de la minería. Pero es la madera el material básico de las máquinas y la transmisión de la energía se hará con cuerdas con mucha más frecuencia que con cadenas.

La demanda no fue estática en el siglo XVI. Aumenta de forma constante el uso del metal a lo largo de la centuria e ingresan sujetos demandantes prácticamente nuevos, como las monarquías, cuyo papel no había sido relevante hasta fines del siglo XV, pero que ahora se convierten en consumidores importantes, en el proceso de afirmación progresiva de su poder y de su capacidad para recaudar impuestos y succionar recursos ajenos, que destinarán a actividades bélicas, acuñación o construcciones suntuarias, todas ellas prácticas consumidoras de productos minerales. Triunfan de forma definitiva las armas de fuego, que en el siglo XVI se fabrican de

[1] Importado de China y la India e incluso extraído en algunas zonas europeas como «peltre» para producir latón, no era reconocido en el siglo XVI como metal.

bronce —el hierro colado es aún un producto incipiente y poco conocido hasta el siglo siguiente— y que, además, emplean plomo como munición y pólvora, un producto ligado también a la actividad extractiva, al emplear azufre como uno de sus compuestos.

La acuñación de moneda fue otra de las actividades vinculadas al poder real que demandaba cantidades significativas de metales. A partir del siglo XV la economía dineraria avanzó progresivamente en Europa occidental, estimulada por el auge del comercio. La exigencia del pago de transacciones en moneda capilariza la sociedad entera, lo que se traduce en una exigencia cada vez mayor de medios de pago, que entonces eran fundamentalmente en metálico. Los metales de que se fabricaban las monedas persistieron sin cambios en Europa durante centurias y el continente permaneció fiel al sistema ternario oro-plata-cobre como materias primas únicas, un sistema que España exportó a América, si bien el Nuevo Continente no conoció la explosión de la moneda de cobre que en la parte europea de los dominios de los Habsburgo comenzará al final del reinado de Felipe II.

Junto a estos dos grandes insumos, un conjunto de actividades de carácter tanto estatal como privado consumían también productos extractivos. Algunas, como la construcción, se nutrían prácticamente del autoconsumo en pequeñas canteras locales de piedra, yeso o mármol. Otras, como las obras públicas, aumentan el uso de metales como el plomo, que en cañerías de distribución va desplazando al barro y la madera, mientras que en los hogares se van introduciendo calderas y cacerolas de cobre y otros utensilios de estaño, latón y peltre; asimismo, hay objetos de cerámica vidriada, en cuya decoración entraban también derivados minerales; y en las casas de mayor poderío económico, la rejería, el vidrio, la porcelana, los espejos o los apliques metálicos de algunos muebles consumían igualmente productos extractivos. No puede olvidarse tampoco que en la actividad constructiva de grandes edificios —palacios, iglesias importantes— el metal formaba parte significativa, por ejemplo en el cubrimiento de tejados con grandes planchas de plomo; en el caso español, por ejemplo, la actividad edificadora en El Escorial, Aranjuez y Toledo durante el reinado de Felipe II llegó a absorber una parte importante de la producción de las minas de Linares.

El auge económico en Europa a partir de 1500 provoca el nacimiento de actividades transformadoras y un incremento de la producción de algunas ya existentes. Tal incremento viene posibilitado en parte por la aparición de máquinas con nuevas técnicas que se transmitirán —sin modificaciones o apenas— a la Revolución Industrial. Aparecen máquinas, como las de hacer tornillos, agujerear o laminar, que abren nuevas posibilidades al uso de metal, incrementando su demanda. Las propias máquinas se construirán en la mayor parte de sus piezas con madera, dejándose el metal solo para las que precisaban mayor resistencia al frotamiento; hasta el siglo XVIII, las partes metálicas no predominarán en la construcción de tales aparatos.

De mucha menor entidad es la demanda de productos minerales relacionados con la medicina y la veterinaria. Aunque la utilización de compuestos metálicos era

conocida tanto en la Antigüedad como entre los musulmanes, su incremento en medicina se produce en relación con la extensión de la iatroquímica y la difusión de la escuela paracelsiana a partir de la primera mitad del siglo XVI, si bien las resistencias que frente a ellas aparecen solo permiten hablar de un triunfo abierto a fines del siglo XVII. La medicina utilizó compuestos de galena, azufre, bórax, caparrosa, vitriolo, plata, potasio, arsénico, antimonio, hierro y mercurio como remedios, en cantidades crecientes a lo largo del periodo.

II

La respuesta a la demanda

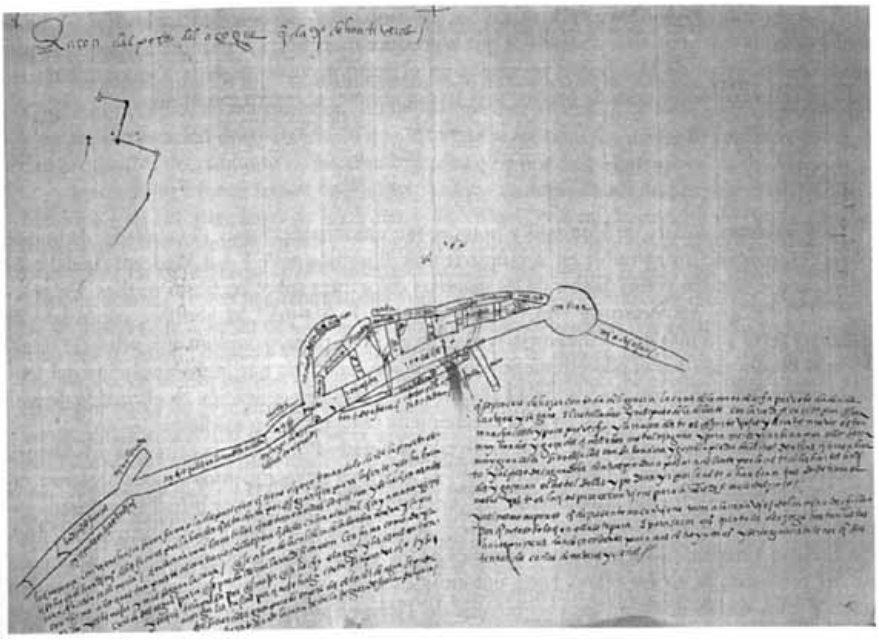
II.1. *La minería española, 1500-1550*

¿Cómo hacía frente a la demanda de minerales la actividad minera en el lado peninsular del imperio antes de 1550? Existió un número muy limitado de explotaciones, ubicadas en Sierra Morena, la franja cantábrica y los Pirineos —hierro—, a las que habría que añadir los minúsculos trabajos destinados a extraer estaño en la franja que se extiende desde Cáceres al interior de Galicia.

La más importante era la mina de Almadén, explotada en época musulmana para extraer pequeñas cantidades de mercurio, que se utilizaba para usos médicos y de joyería y para fabricar bermellón. Su propiedad había recaído en la Real Hacienda a comienzos del siglo XVI, que la explotará hasta 1525, cuando el emperador inicie una serie de cesiones a grandes comerciantes y banqueros extranjeros que se prolongará durante más de cien años. De entre ellos destacarán los Fugger, que eran ya empresarios mineros en Europa central[2].

En la primera mitad del siglo, las técnicas extractivas empleadas en Almadén eran muy sencillas. Excepcionalmente para el caso español, se había superado en esta mina el simple pozo vertical y ya desde fines del siglo XV se había abierto una galería horizontal para unir las diversas bolsas con riqueza metálica. En la década de 1540, su estructura consistía en una galería horizontal de unos 160 m a unos 30 de profundidad máxima; en el centro se abría un pozo hasta la superficie que servía de ventilación y acceso a los trabajadores. Se trata de una estructura —galería y pozo— de enorme simplicidad. El problema del desagüe se resolvía por medio de bombas hechas de cuero, a las que se hacía funcionar a mano. Junto a las bombas se empleaba un sistema aun más rudimentario, al que se recurría cuando la afluencia del agua

[2] En relación con la historia de la mina de Almadén desde la Baja Edad Media hasta fines del XVII, vid. A. Matilla Tascón: *Historia de las minas de Almadén*, Madrid, 1958-88; J. Zarraluqui: *Los almadenes del azogue. La historia frente a la tradición*, Madrid, 1934; J. Fernández Pérez e I. González Tascón (eds.): *Agustín de Betancourt. Memorias de las Reales Minas de Almadén*, Madrid, 1990.



13.1. Plano de Almadén, *en 1553 (Archivo General de Simancas).*

de lluvia hacía insuficiente el anterior: el acarreo a base de elevación con un torno manual, maromas y zacas de cuero, que era también el procedimiento habitual para extraer el mineral hasta el exterior. El otro procedimiento para extraer agua de las minas, la práctica de galerías subterráneas de desagüe, no existió en Almadén, ni en ninguna otra mina en España, antes de 1550.

El arranque de mineral se efectuaba valiéndose de herramientas de hierro: picos, barrenas, cuñas, etc. El mineral se machacaba *in situ* y se elevaba a la superficie. Para evitar el hundimiento de las galerías se recubrían los pozos con piedra y se entibaban con madera.

La metalurgia del cinabrio para obtener mercurio se realizaba mediante un procedimiento utilizado al menos desde la Baja Edad Media. El mineral desmenuzado se introducía en unos hornos denominados «xabecas», rematados en forma de bóveda redonda. En esta había un número variable de agujeros —entre 18 y 24— sobre los que se colocaban unas ollas invertidas en las que se introducía el mineral envuelto en cenizas húmedas. El fuego del horno hacía destilar el mercurio, que quedaba recogido en un lecho de ceniza que ocupaba la parte superior, de donde se retiraba tras el enfriamiento del horno[3].

[3] La mejor descripción gráfica de los hornos de xabecas aparece en la obra de Álvaro Alonso Barba: *Arte de los metales,* Madrid, 1640 (ed. facsímil, Valencia, 1993).

A comienzos del siglo XVI, la producción de Almadén era escasísima: entre 1503 y 1506 se extrajeron 111 quintales anuales. Cuando los empresarios extranjeros tomaron la mina en sus manos, se incrementó notablemente: en los años 40 se extraían entre 800 y 1.000 quintales por año, aunque la escasa demanda de mercurio acabó provocando problemas de acumulación de *stocks*.

Fuera de Almadén, el panorama era del más puro primitivismo. La propiedad del subsuelo estaba asignada a la Corona, aunque esta apenas había hecho efectivo este derecho, y una buena parte del subsuelo del reino se había cedido como merced a nobles y burócratas que no se habían interesado en ponerlo en explotación.

En conjunto, la producción más importante de los reinos hispánicos era la de hierro, que permitía su exportación a Europa. La extracción más abundante se producía en la cornisa cantábrica oriental, seguida por el entorno de los Pirineos. Fuera de este ámbito, pequeñísimas vetas férricas se explotaban un poco por todas partes. Las explotaciones de hierro se beneficiaban tradicionalmente sin necesidad de previo permiso de la autoridad real, a diferencia de las demás venas metálicas.

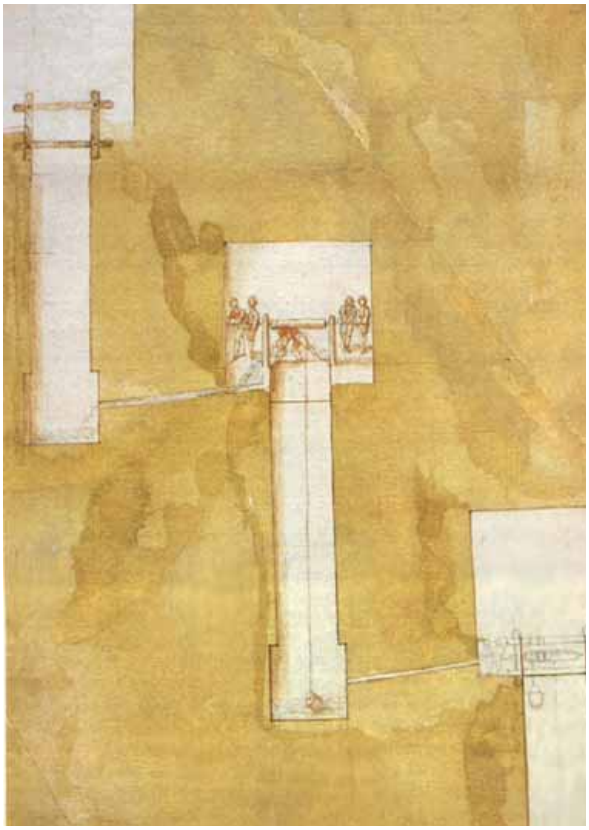
Junto al hierro se trabajaban diversas vetas de plomo, algunas con pequeños contenidos argentíferos, al norte de Sierra Morena (desde Almodóvar del Campo hasta la comarca de la Serena, pasando por el valle de Alcudia) y, en la vertiente sur, en Fuenteovejuna, Hornachuelos y Alcaracejos, en los alrededores de Linares y también en algunos puntos de Guipúzcoa, en la sierra de Segura y en el valle bajo del Bidasoa. La producción conjunta de todas ellas era muy poco notable. Por último, esporádicos y microscópicos trabajos para extraer estaño tenían lugar desde Extremadura a la Galicia oriental[4].

La técnica extractiva era de una enorme simplicidad. Se reducía a abrir agujeros verticales hasta las vetas y abandonarlos en cuanto la profundidad dificultaba el trabajo, para abrir otro contiguo. En muchas ocasiones, la explotación consistía en el trabajo de escoriales antiguos de minas abandonadas desde la época romana; esas minas no podían trabajarse sin técnicas entonces no introducidas en España, por la profundidad en la que se encontraban.

La fundición se realizaba, en el caso del plomo —solo se trataban óxidos y sulfuros—, en pequeños hornos cuadrangulares muy simples, abiertos por la parte superior y con un orificio en la inferior por el que salía el material en estado líquido; había un contacto directo entre el mineral y el combustible, habitualmente leña. Cuando el mineral de plomo contenía plata, se desplataba en un horno de copelación que se denominaba «fuslina». No existía ningún tipo de mecanización y el aire necesario para activar la combustión se insuflaba por medio de fuelles movidos a mano.

En el caso del hierro, los hornos eran también de pequeño tamaño, si bien en este caso, ya desde el siglo XIV, muchas ferrerías cantábricas se habían dotado de ingenios de agua, tanto para mover los fuelles como para activar los grandes mazos

[4] Vid. Julio SÁNCHEZ GÓMEZ: *De Minería, Metalurgia y Comercio de Metales*, Salamanca, 1989.



13.2. Torno de achicar agua *en las minas de Almadén con zacas de cuero (1674). Los operarios llevan una vestimenta roja que denota que son forzados que cumplían condena trabajando en la mina (los tornos son exactamente iguales que los del siglo* XVI*). Archivo General de Simancas, M.P. y D., VII-44.*

que golpeaban el hierro extraído de los hornos[5]. Todo ello supone una doble transformación: por un lado permite la obtención de hierro de forja y acero de cementación a mucho mayor escala y de forma menos penosa y, por otra, va abriendo el camino a la fusión del hierro en los futuros altos hornos. Hay referencias a ferrerías con mecanismos de agua o martinetes en el siglo XIV en Legazpi (Guipúzcoa), que a lo largo de los siglos XV y XVI se van extendiendo a otras ubicaciones. Estos martinetes movían piezas de gran tamaño y peso —hasta de 200 kg—, permitían forjar piezas de grandes dimensiones y de geometría delicada, como anclas o rejerías artísticas, y no cayeron en desuso hasta la aparición, ya casi a mediados del XIX, del martillo pilón a vapor.

Los fuelles eran movidos con ruedas hidráulicas, que también podían accionar fuelles mediante un sistema de bielas, si bien el soplado podía producirse con un sistema llamado «de trompas», muy utilizado en las forjas pirenaicas, pero de mucho menor éxito en las cantábricas, y que consistía en el aprovechamiento de la

5 Ignacio GONZÁLEZ TASCÓN: *Fábricas hidráulicas españolas*, Madrid, 1987.

corriente de aire que se produce al desplazarse este de un depósito al entrar una corriente de agua[6].

Eran desconocidos en España, en 1550, los nuevos procedimientos, máquinas y hornos descritos por Agricola[7] y que resultaban corrientes en la segunda mitad del siglo XV en la Europa central. La insuficiencia técnica acarreaba graves consecuencias: desde la inexistencia de producción de cobre a la escasa extracción de cualquier otro mineral —excepto la de hierro o la de azogue—, ante la incapacidad de hacer frente a los retos que planteaba la mínima profundización, lo que obligaba a abandonar numerosas minas en plena producción.

II.2. *El nacimiento de la minería americana*

La importancia de la ávida búsqueda de metales preciosos en la conquista y colonización del continente americano ha sido ya destacada; basta con leer los diarios de Cristóbal Colón y la abrumadora repetición en ellos de la palabra «oro» para comprobarlo. Oro y plata serán, primero, el principal estímulo de los descubrimientos y la expansión americana, después, de la progresiva incorporación de territorios y más tarde se convertirán en el núcleo del sistema colonial[8].

Sin embargo, la extracción y el trabajo de metales no comenzaron con la llegada de los españoles. Los indígenas habían extraído y utilizado metales, especialmente los pueblos de las grandes culturas del ámbito andino-peruano y mexicano. En el área de las Antillas no se conocían otros metales que el oro extraído por el lavado de las arenas de los ríos. Es dudoso que conocieran la plata y desconocían el trabajo de los demás metales. En el continente, los estudios arqueológicos han demostrado que las prácticas minerometalúrgicas y el uso de los metales fueron anteriores en el área andina que en la mesoamericana; en una y otra, los indígenas excavaron túneles y galerías, emplearon el fuego para ablandar las rocas duras, utilizaron para el derribo herramientas de piedra, de cobre o de maderas muy duras.

Más conocidos son los procedimientos metalúrgicos. En el área andina, los minerales con contenido en plata se sometían a procesos de fundición y refinación. El primer tratamiento se llevaba a cabo en un horno denominado «guayra», que se haría luego famoso en el Potosí, que operaba aprovechando la fuerza del viento a

---

6 Hoy es posible contemplar mecanismos de rueda hidráulica o de trompas en ferrerías muy bien reconstruidas y convertidas en museos. Por citar algunas, son de gran interés las de Compludo (León), Mirandaola y Legazpi (Guipúzcoa) y farga Rossell en Ordino (Principado de Andorra).

7 Georg AGRICOLA: *De Re Metallica,* traducción española Madrid, 1972.

8 En relación con la minería americana, vid. Julio SÁNCHEZ GÓMEZ: *Minería y Metalurgia en la Edad Moderna*, en *Historia de la Ciencia y de la Técnica Akal,* Madrid, 1997; Julio SÁNCHEZ GÓMEZ, Guillermo MIRA DELLI ZOTI y Rafael DOBADO GONZÁLEZ: *La savia del Imperio,* Salamanca, 1998; Ramón SÁNCHEZ FLORES: *Historia de la tecnología y la invención en México*, México, 1980; Elías TRABULSE: *Historia de la Ciencia en México*, México DF, 1983, además de las numerosas informaciones que proporcionan los cronistas.

través de una serie de orificios en su superficie, mientras que la refinación —separación de la plata— se practicaba en hornos de refinar en los que se soplaba por medio de toberas de cobre, madera o caña.

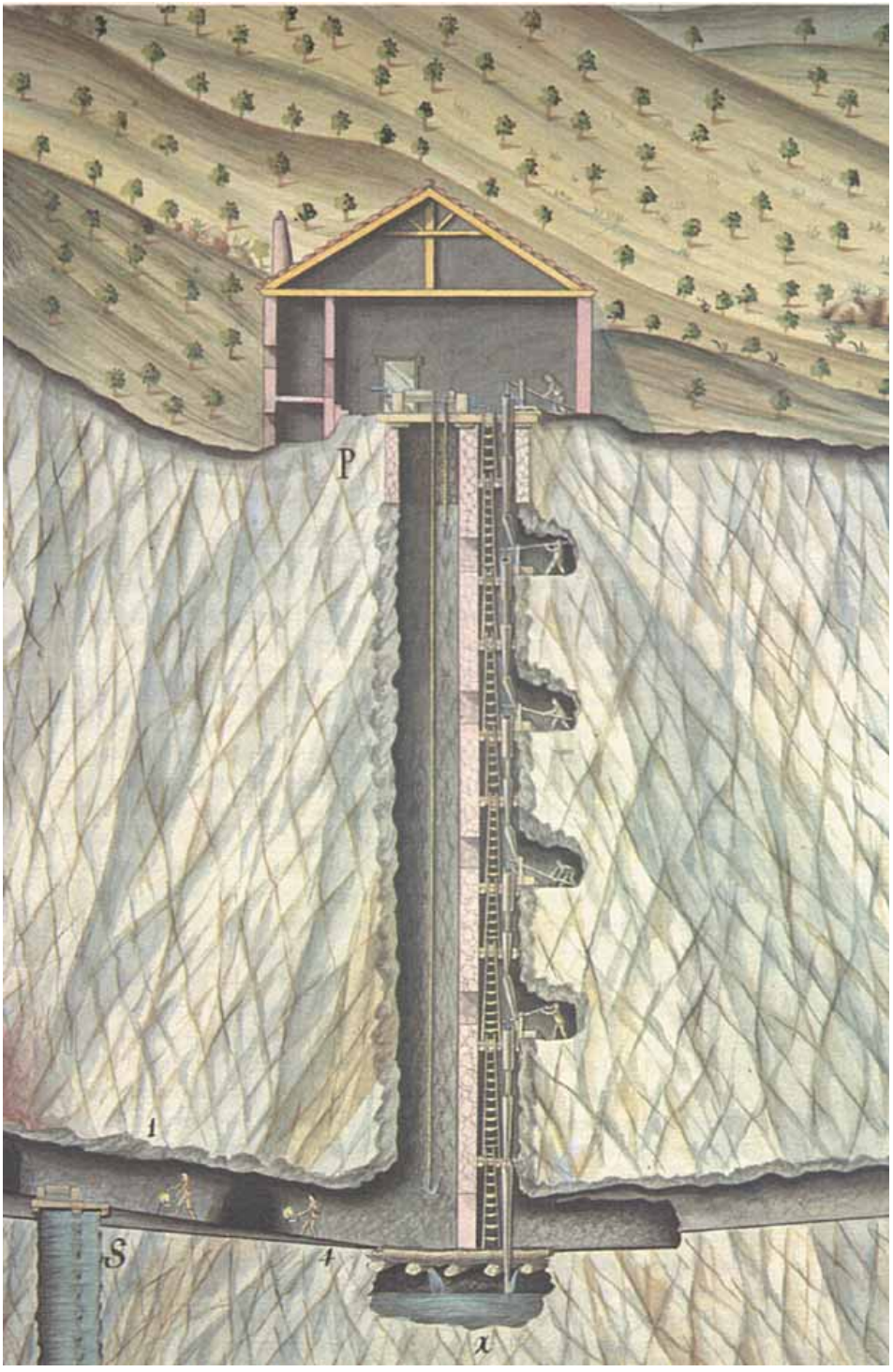
Las más desarrolladas culturas precolombinas conocieron y trabajaron oro, cobre, estaño y plomo y practicaron aleaciones, mientras que el mercurio no fue objeto de aplicaciones, salvo la utilización del cinabrio en polvo para pintura facial. El hierro fue, sin embargo, desconocido. Fue en el trabajo posterior de los metales en lo que destacaron los pueblos precolombinos, especialmente en la joyería, de la que dejaron piezas que produjeron admiración en la Europa del siglo XVI y el estupor de un tan reputado especialista como Alberto Durero.

La minería colonial será heredera de dos tradiciones minerometalúrgicas, la europea y la indígena americana. Las técnicas indígenas, que tienen un peso importante en los primeros momentos, retroceden poco a poco frente a las transferencias de técnicas europeas, sobre todo a partir de 1550, hasta que a fines de siglo el peso de la herencia precolombina va convirtiéndose en residual.

Los cincuenta primeros años de penetración de los españoles en América se caracterizarán por una minería muy primitiva. A la extracción y tratamiento de minerales se aplicarán procedimientos en parte recibidos de España y en parte heredados de la tradición precolombina, en un proceso de aculturación que bastará para las necesidades de esos años, en que se trataba únicamente de beneficiar arenas auríferas o yacimientos argentíferos muy superficiales con abundancia de plata nativa o de compuestos de altas leyes y muy sencillo tratamiento metalúrgico.

La primera colonización, la de las Antillas, se convertirá en una febril búsqueda de oro, primero en La Española, que pronto se agota, y más tarde en Cuba, donde los rescates fueron algo más duraderos, si bien hacia 1510-1515 daban ya síntomas de agotamiento. Estos primeros rescates de oro se hacían utilizando los conocimientos de los indígenas, tanto en el hallazgo de zonas ricas en pepitas auríferas como en el posterior lavado de arenas para conseguir pedazos de oro puro, si bien introduciendo algunas herramientas europeas, las de hierro, allí desconocidas. Fueron los indígenas los que asumieron la labor de la extracción aurífera, lo que supuso un dramático descenso poblacional.

Igual sistema sigue utilizándose respecto al oro cuando se produce el salto al continente. Es entonces cuando se puede hablar de verdaderas prácticas mineras. En un primer momento se repetirá la experiencia antillana, pero pronto se procederá a la apertura de las primeras explotaciones en torno a la capital azteca. Entre 1525 y 1530 comienza a extraerse plata en Taxco, Sultepec o Zumpango. A estos trabajos se unirán los descubrimientos del norte de México, que pondrán en pie las más importantes minas del virreinato de Nueva España: Zacatecas, Santa Bárbara, Guanajuato, Real del Monte, Pachuca, San Luis Potosí, Sombrerete y Temascaltepec. La aparición de estos yacimientos hará que en los años 50 la importancia del oro sea superada por la plata, produciéndose un giro en el centro de interés de los coloni-



13.3. Corte de un pozo de la mina de Almadenejos. *Bombas aspirantes de desagüe, escaleras para la bajada de mineros y torno. (Pensionados Agustín Ugena y Juan Roig, 1800.)*

zadores, con la consecuencia de que la producción argentífera se convierta en el capítulo principal de la producción y el núcleo del sistema económico colonial hasta el fin de la dominación española.

Este proceso culminará cuando comience la explotación en la parte sur del continente, en lo que luego será el virreinato del Perú. Allí, al igual que en Nueva España, los españoles se interesan al principio esencialmente por la búsqueda de oro; ya desde 1542 se explotan los yacimientos de Carabaya, que inmediatamente adquieren una gran envergadura, con construcciones hidráulicas y acequias de hasta 6 km de longitud, junto con otras en el área de la actual Bolivia. Pero pronto comienza la extracción de plata, que será, aún más que en México, el signo distintivo del virreinato. Porco, una mina trabajada por los incas, será la primera explotación importante ocupada por españoles en 1538, a la que se unirán otras, como Huantajaya, algunos yacimientos menores en Arequipa y Charcas y, sobre todo, la mina mítica de América, Potosí, comenzada a trabajar en 1545.

Son los años 1492-1550 una época caracterizada por la búsqueda de yacimientos y por explotaciones sumarias. Se lava oro en los ríos o se trabajan yacimientos superficiales, que ofrecen pocas complicaciones, tanto a la hora de la extracción —se actúa sobre vetas de escasa hondura— como a la de la metalurgia, ya que en la superficie se encuentran los compuestos de más fácil tratamiento. Al igual que en la metrópoli, cuando comienzan a aparecer complicaciones se abandonan los trabajos de una veta y se transfieren a la vecina, con lo que no hay estímulos a la innovación técnica. Los primeros años de colonización no supusieron un periodo brillante en la producción minera y la mayor parte de los resultados obedeció a la continua incorporación de nuevas explotaciones.

La técnicas utilizadas son sencillas, en buena parte aprovechadas de los conocimientos indígenas, en mayor grado en el área peruana que en la mexicana. Las herramientas españolas, de hierro, sustituyen a las indígenas, pero el trabajo minero fue de una enorme simpleza en los primeros tiempos. La excavación se redujo a seguir una veta desde su afloramiento con pequeños socavones y simples tiros inclinados y, a medida que se iba penetrando, a abrir grandes cuevas para acceder más fácilmente a la capa metalífera. En tales labores, semejantes a las que por entonces se practicaban en España, no se diseñaba plan previo ni se efectuaban previsiones de cara a una mayor seguridad, un más cómodo transporte o un más fácil desagüe. Muchas minas fueron trabajadas como simples tajos a cielo abierto, cual fue el caso de Taxco en Nueva España o de los primeros momentos de la explotación de Huancavelica. Pronto los españoles comienzan a introducir novedades también en los sistemas de extracción, ayudados por la presencia de alemanes en ultramar. La renovación de la minería comenzó, pues, antes en América que en la metrópoli. La práctica de galerías horizontales de acceso puede constatarse en Tehuilotepec, cerca de Taxco, seguramente antes de 1550. En el desagüe, la tradición peninsular no parece haberse aplicado, posiblemente porque la inundación no resultaba un problema

acuciante. Cortés introdujo bombas de desagüe «semejantes a las de los barcos», que respondían a esquemas muy primitivos: cadenas, troncos de árboles ahuecados como conducto, pistones y válvulas de paso; seguramente no eran de una gran eficacia desaguadora y solo era posible aplicarlas a pequeñas profundidades.

En el proceso metalúrgico posterior, el menor desarrollo indígena novohispano marca la diferencia respecto al caso peruano. En Nueva España se introduce el mismo procedimiento de fundición vigente en la metrópoli. Los minerales se trituraban en molinos muy elementales, a los que pronto se comienza a aplicar la energía hidráulica o de caballerías. Los hornos de fundición y afinación se construyeron como los españoles, según el modelo de los denominados «castellanos», y con ellos llega al Nuevo Mundo un instrumento desconocido, los fuelles. El plomo que se utilizaba como fundente para extraer la plata procedía de explotaciones indígenas que vendían el metal a los españoles, una forma más de integración de lo hispano y lo indígena. Pero, en general, la minería mexicana de plata fue desde el principio controlada por españoles con utilización de mano de obra indígena.

En Perú, la minería bajo dominio incaico había alcanzado niveles técnicos mayores. Porco había sido explotada de forma intensiva para el Inca, y de otras muchas minas se supone que fueron igualmente conocidas, entre ellas las de Potosí y Huancavelica, lo que sirvió de pista para su explotación por los europeos. Fueron, por consiguiente, las explotaciones incaicas la mejor guía de prospección y la más importante cantera de técnicas y mano de obra para las explotaciones españolas.

En los primeros años de explotación argentífera en Perú, los españoles dejaron el trabajo a los indígenas, limitándose ellos a cobrar un porcentaje de la producción en calidad de dueños, lo que, unido a la pequeñez de las explotaciones, que no favorecía la inversión en técnicas caras, aseguró la continuidad de los sistemas de trabajo; ello hacía posible la perforación de túneles subterráneos, la extracción de minerales, su transporte interior y exterior en sacos de cuero o capazos de caña, la molienda con molinos de trituración de piedra en forma de media luna movidos por dos hombres, la concentración por lavado en canales construidos en los cursos de agua y, por fin, la fundición en los hornos «guayras» y la afinación en un horno más pequeño, en el que el aire necesario para la combustión se insuflaba soplando los indígenas a través de tubos de cobre o caña.

Poco a poco, estas técnicas se ven mejoradas con procedimientos llegados de Europa, conservándose sin embargo la técnica indígena hasta la introducción de la amalgama, ya en los 70. Así, al igual que en el virreinato septentrional, las herramientas indígenas son sustituidas por las de hierro, mientras que en las minas de Porco se introducen los hornos castellanos, en los que el aire para la combustión se aplica por medio de fuelles. En Potosí, los canutos aplicados a los hornos de afinación se sustituyen por fuelles, más eficaces; pero el intento de introducir los hornos españoles fue un completo fracaso, por lo que la guayra continuó siendo el elemento central en el proceso de fusión del mineral durante muchos años más.

II.3. *La minería en Europa central, 1500-1550: un primer momento de esplendor*

A la Europa situada en torno al arco alpino la romanización o no había llegado o había sido muy débil. Ello hacía que, a diferencia de la Península Ibérica, los yacimientos estuvieran, avanzada la Edad Media, vírgenes y fueran de mucho más fácil explotación. Hacia el año 1000, y como consecuencia de la incipiente reactivación económica, comenzaban a trabajarse las que serían las minas metálicas más importantes de Europa hasta el siglo XX: Goslar (Harz), Freiberg (Sajonia), Schemnitz (hoy Banská Stiavnicá, Eslovaquia) y otras muchas en Eslovaquia, Harz, Sajonia, Alpes, Jura, Alsacia y los Vosgos. La extracción principal era plata y como subproducto se beneficiaban plomo y cobre[9].

En un principio la extracción era muy sencilla y superficial. Pero al llegar el despegue económico del siglo XV, se dispara la demanda de metales y de medios de pago (sobre todo cuando el comercio con Oriente comienza a drenar cantidades importantes de plata y oro y produce una balanza de pagos deficitaria para Europa). Ello supone una presión sobre las minas, que se ven obligadas a encontrar recursos más allá de las capas freáticas, compatibilizando la extracción con la presencia de agua e incrementando la producción mediante de técnicas basadas en la fuerza animal y en la energía hidráulica, fácilmente accesible en aquellas zonas. Se aplicaron además innovaciones en los procedimientos metalúrgicos, que permitieron trabajar menas metálicas con contenidos mucho más bajos. El ápice de la minería centroeuropea, basado en la extracción de plata, cobre y plomo, se produjo entre 1450 y 1560. A partir de esta última fecha, la competencia de la plata americana, los problemas de precios que acarreó y la progresiva desestabilización del área por las guerras y las luchas religiosas, el epicentro de la innovación se desplaza a Suecia y sobre todo a Inglaterra, que será el eje de la modernización minera en el siglo XVIII.

Las modernizaciones de la temprana Edad Moderna consistieron, desde el punto de vista técnico —hubo otras, por ejemplo en la organización empresarial—, en máquinas que permitían desaguar las minas a grandes profundidades, así como elevar el mineral desde honduras considerables. Se trataba de grandes ruedas hidráulicas que elevaban de forma continua recipientes de cuero que se cargaban

[9] Sobre la minería europea de la época del Renacimiento, vid. Julio SÁNCHEZ GÓMEZ: *Minería y Metalurgia en la Edad Moderna*, en *Historia de la Ciencia y de la Técnica Akal,* Madrid, 1979; Georg AGRICOLA: *De Re Metallica libri XII*, traducción española en Madrid, 1972; Vanoccio BIRINGUCCIO: *De Pyrotechnia*, ed. inglesa de Cyril Stanley Smith, Cambridge, Mass., 1958; Carlo M. CIPOLLA: *Historia Económica de la Europa Preindustrial*, Madrid, 1976; Carlo M. CIPOLLA: *Historia Económica de Europa (siglos XVI y XVII)*, Barcelona, 1979, Maurice DAUMAS, ed.: *Histoire Générale des Techniques*, París, 1965; Bertrand GILLE, *Histoire de la Metallurgie*, París, 1966; C. E. GREGORY: *A concise History of Mining*, Nueva York, 1980; Ch. SINGER, E. J. HOLMYARD y otros: *A History of Technology*, Oxford, 1957. Más ilustrativa que cualquier bibliografía puede ser la visita al Museo de la Minería alemana (Deutsche Bergbaumuseum) en Bochum.

de agua, o bien se aplicaban bombas de pistón que aspiraban el agua desde depósitos subterráneos y que eran capaces, mediante la instalación de cadenas sucesivas de bombas, de elevar el agua desde 400 m de profundidad; el progreso ha sido considerable desde los 10 m que eran capaces de remontar las máquinas de fines del siglo XIII. Estas nuevas máquinas utilizan principios técnicos resucitados de la Antigüedad junto con otros nuevos, y se logra la transformación del movimiento circular en uno de vaivén, lo que abre posibilidades en la construcción de nuevos ingenios, como los que accionan fuelles para los hornos, con los que se logra un soplo continuo que eleva sensiblemente la temperatura y se abre la puerta a una fundición más afinada de algunos minerales, o en la trituración del mineral a bocamina, que consiguen un polvo muy fino y posibilitan fundiciones más fáciles y apuradas.

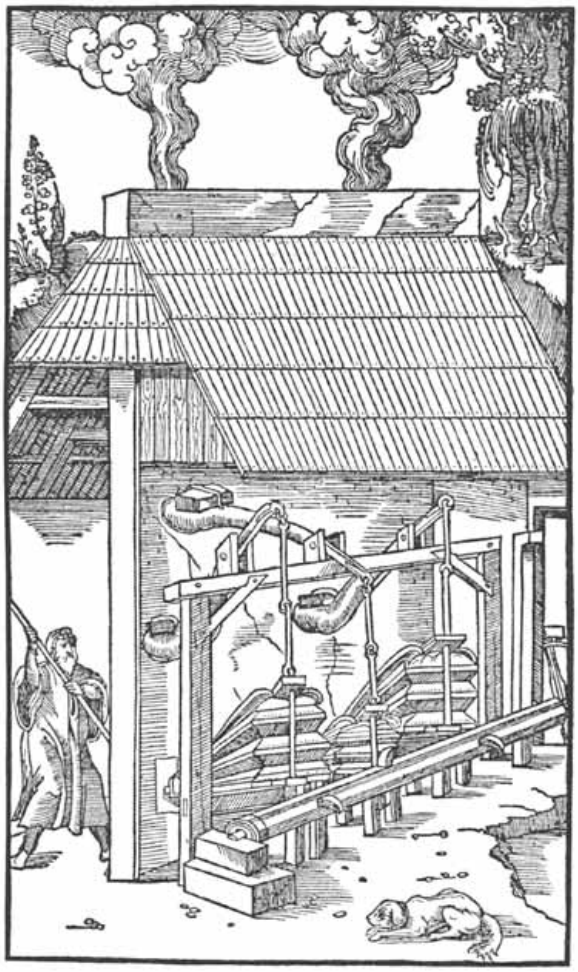
El uso de tirantes permite transmitir el movimiento a distancia, una carencia de la energía hidráulica hasta entonces. La mecanización de las minas de Europa central supera a fines del siglo XV por primera vez la técnica de la Antigüedad y es de tal magnitud que algunos historiadores han denominado al periodo «de mecanización minera avanzada».

Con estos medios se alcanzan profundidades de más de 400 m en Schneeberg (Sajonia) y mayores aún en Kitzbühel; a tales profundidades se hacía imprescindible la construcción de galerías de drenaje y evacuación del mineral. Estas galerías alcanzaron desarrollos subterráneos que llegaron a varios kilómetros en el Erzgebirge o el Harz. La necesidad de precisión en el planteamiento de tales túneles se consigue con avances en las técnicas de mesura y planeamiento: mapas, planos detallados y de gran aproximación aparecen ya en Freiberg y en Kutna Hora en el siglo XVI, si bien el avance definitivo en la precisión de la planimetría, la escala, se introduce en los planos mineros en el XVII. Las enormes longitudes de estas galerías hacen necesario buscar nuevos sistemas de transporte interior: se desarrollan entonces sistemas de vagonetas con carriles de madera que facilitan el rodaje, sistema que, perfeccionado en el siglo XVIII por los mineros británicos, será el antecedente de los ferrocarriles.

También se desarrollan sistemas para la ventilación de las galerías —con ventiladores movidos por fuerza hidráulica o eólica—, imprescindibles a esas profundidades; en terrenos no rocosos, el entibado ve también notables mejoras. El trabajo subterráneo se racionaliza y se practican nuevas distribuciones internas de las cuadrillas que permiten el trabajo de numerosos operarios simultáneamente.

El talón de Aquiles de la minería renacentista fueron los procedimientos para abatir la roca. Los instrumentos —picos, azadones, martillos, cuñas, etc.— cambiaron muy poco y la auténtica transformación llegará cuando en 1627 se aplique la pólvora en la mina de Banská Stiavnicá. Con medios tan rudimentarios, el ritmo de excavación de las galerías era enormemente lento.

En metalurgia los avances fueron menores. Se perfeccionan los procedimientos de tratamiento del mineral: máquinas hidráulicas para triturar el mineral antes de



13.4. Sistema con contrapesos para mover los fuelles en una ferrería. *G. Agricola,* De Re Metallica.

la fundición y para concentrarlo mediante lavado, mientras que los hornos de fundición de cobre y plomo, principales menas de oro y plata, no variaron sustancialmente, dado que el punto de fusión de ambos metales es relativamente bajo; además de los de tipo simple, se utilizaban los llamados «de reverbero», en los que el calor se desliza a lo largo de una doble pared y se refleja en la bóveda, con lo que no hay contacto directo entre combustible y mineral, lo que produce problemas en la fundición por exceso de carbono. Una de las innovaciones más rentables fue el procedimiento de fusión del cobre argentífero para obtener plata, introducido en Sajonia a mediados del siglo xv y que permitió incrementar la producción de cobre y plata, y poner en explotación muchas minas hasta entonces no rentables. Entre 1450 y 1550 aparecen en Alemania plantas para el tratamiento del cobre, mayores y más eficaces, denominadas «Saigerhutte». Por último, no fueron desdeñables los avances en el descubrimiento de sustancias para facilitar la fusión de minerales.

Sí aparecen novedades en la metalurgia del hierro. El punto de fusión de este es mucho más alto, exige unas temperaturas que no es posible lograr con los hornos al uso. Antes del siglo XV, el producto final era una masa esponjosa y recubierta de escorias que era necesario martillar largo tiempo para eliminarlas y darle la dureza y consistencia necesaria para el trabajo posterior.

El martilleo se facilitó enormemente con la aparición de los aparatos hidráulicos, conocidos en el Pirineo catalán a fines del siglo XII y que los cistercienses difundieron por Europa en el XIII. Este instrumento se transfirió después a la metalurgia del cobre.

Pero el reto principal era fundir el mineral para obtener hierro colado. Las tentativas para conseguirlo eran antiguas; en Moravia se habían utilizado en los siglos VIII y IX hornos excavados en tierra en los que se alcanzaron los 1.400°, con lo que se conseguía parcialmente hierro con propiedades de acero. En los siglos siguientes, los perfeccionamientos en los instrumentos de soplado de aire y en los materiales de las paredes van permitiendo acceder a hornos de mayor tamaño y emergidos de la tierra. La culminación del proceso llega en el siglo XV con la aparición del procedimiento indirecto para la obtención de hierro colado, el alto horno, técnica que permanecerá prácticamente estable hasta la introducción de las innovaciones británicas de la segunda mitad del siglo XVIII.

Las mayores dimensiones de los hornos permitieron cargas de combustible mucho más considerables y la aplicación de la energía hidráulica a los fuelles abrió la puerta de una oxigenación interior mucho más potente, con lo que se incrementa notablemente la temperatura interior. Como consecuencia, el mineral de hierro en un determinado momento apareció líquido. Se había descubierto el hierro colado. La fecha del primer uso de este producto, diferente del hierro forjado, puede situarse en los primeros años del siglo XV; en cuanto al lugar, tradicionalmente se ha creído, y no hay datos que lo contradigan, que apareció en la región de Lieja, de donde se expandió a Lorena. La emigración de obreros difundió el alto horno en una lenta progresión que en el siglo XVII lo había llevado por la Europa del norte, mientras que la del sur continuó aferrada a los viejos procedimientos, como la forja catalana, que aunque eran menos eficaces consumían mucha menos madera, un bien escaso en el entorno del Mediterráneo.

El hierro fundido debía someterse a diversas transformaciones para ser utilizable. La primera consistía en separar el carbono excedente mediante calentamiento de la fundición en presencia de un material capaz de absorber dicho carbono, generalmente escorias de fundiciones anteriores. El descubrimiento de este proceso fue posterior al del alto horno y surgieron pronto diversas variantes —procedimiento valón, *champenoise*, *nivernaise*, *comtoise*, alemán, borgoñón, etc.— aplicables a los diversos tipos de mineral de hierro. Tras la afinación, el lingote de hierro era aún una estructura irregular y esponjosa y era preciso golpearla con martillos hidráulicos para obtener el producto final.

El tratamiento posterior de los lingotes fue objeto también de mecanización ya en el siglo XVI. Surgen máquinas hidráulicas de laminado, consistentes en dos cilindros juntos que se movían en sentido inverso y que aparecen citadas en Liège en 1561; máquinas para cortar el hierro en barras, a base de dos cilindros provistos de cuchillas, con lo que aquel quedaba preparado para fabricar clavos, cañones de fusil, etc; máquinas para producir hilo de hierro, en las que el hilo pasaba por una serie de agujeros cada vez más pequeños y se enrollaba en una bobina accionada por una rueda de molino, existentes ya a mediados del siglo XVI.

En resumen, los años 1450-1550 ven una actividad desbordante en la introducción de novedades que incrementan la producción de metales y reducen sus costos. Sin embargo, aquel desarrollo se enfrentaba a limitaciones económicas, sociológicas y técnicas que le hicieron tocar techo a mediados del siglo XVI y, además, ceñirse a unas áreas geográficas y a unos metales muy concretos. Se produce en primer lugar un problema de rentabilidad dado el coste de la maquinaria y la insuficiencia de técnicos capaces de manejarla.

A mediados de siglo, por ejemplo, los empresarios de las minas de estaño de Bohemia decidieron mecanizar sus explotaciones, pero el plan hubo de ser pronto abandonado; lo que era rentable en las minas de plata no lo era en las de estaño, como tampoco en las de plomo o hierro: el precio final de estos metales no justificaba inversiones tan cuantiosas. Además, era preciso considerar el coste de los métodos primitivos a los que las nuevas técnicas venían a sustituir; la minería inglesa del estaño empleaba aún en el siglo XVII muy pocas bombas de desagüe y la razón estribaba seguramente en el menor coste de la apertura de nuevas galerías poco profundas, que descansaba en la fuerza de trabajo humana. Por último, la sustitución de trabajo humano por tecnología era aún poco rentable, dada la existencia de una reserva de mano de obra rural a la que los empresarios podían recurrir a bajo precio, sobre todo en una centuria de expansión demográfica.

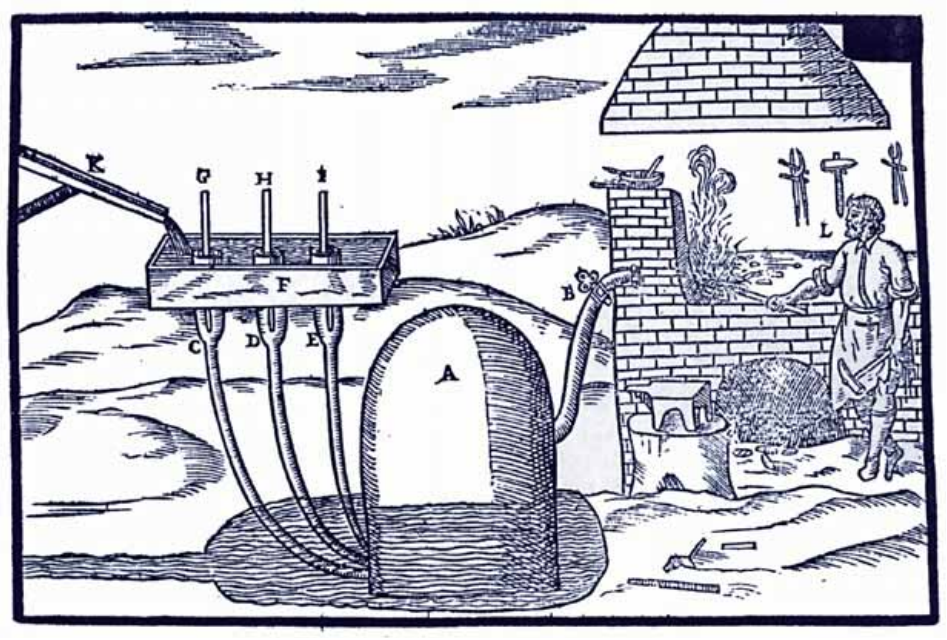
El trabajo era abundante y barato, lo que frenaba la aplicación de técnicas *labour-saving*, un elemento que veremos pesar en el desarrollo de la minería en la América colonial.

En segundo lugar, existe toda una serie de resistencias de tipo sociológico: las de todo colectivo a aceptar cambios en las soluciones conocidas y la oposición de los trabajadores desplazados por la maquinaria y que no podía compensarse con otras oportunidades de trabajo; cuando esta oposición se generalizaba, los poderes públicos acababan prohibiendo la introducción de determinada innovación, convirtiéndose así en un factor de retraso en la adopción de nuevas técnicas.

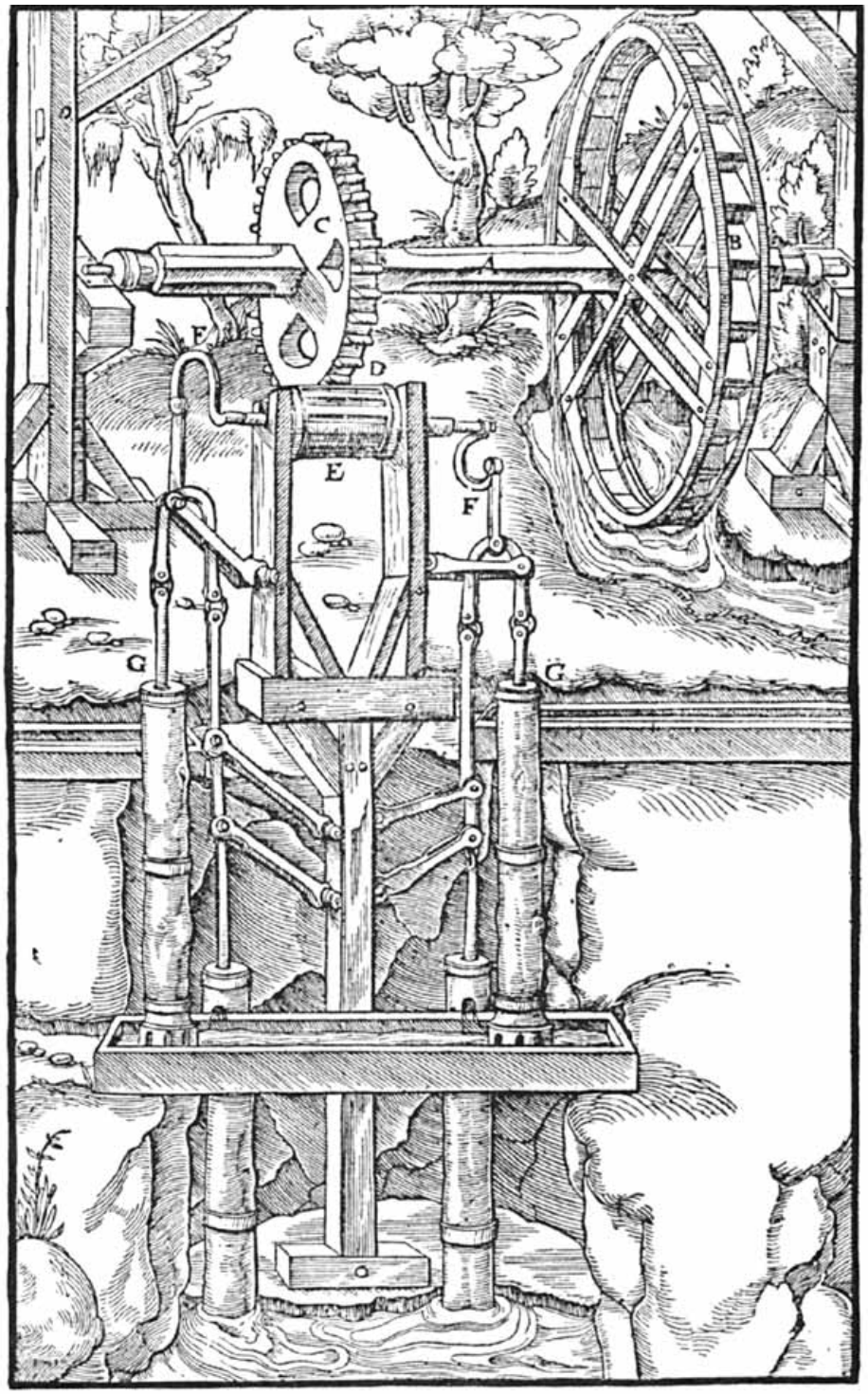
Por último, la sustitución de energía humana por instrumentos técnicos tenía un techo fijado por las fuentes de energía conocidas: la de los animales de tiro, de la madera y la hidráulica. Esta última fue la gran revolución de los siglos XIII-XVI, de la misma forma que el vapor fue la del siglo XIX. Sin embargo, todas ellas son soluciones insatisfactorias: la fuerza del agua no siempre puede ser llevada al punto desea-

do; la madera es un bien escaso y de muy difícil transporte, y la tracción animal produce una energía de muy baja potencia. Todo ello supone un importante *handicap* a la hora de aplicar masivamente el uso de máquinas, algo que solo será posible con el descubrimiento de la aplicación del vapor.

Es preciso no perder la perspectiva de lo que estos cambios suponen. Solo un área muy concreta —la Europa Central y, en menor medida, el oeste de Polonia— y un número reducido de minas —casi siempre con contenidos en oro o plata, las únicas que soportaban inversiones importantes de capital—, que algunos especialistas calculan en un 10%, reciben el impacto de la nueva técnica antes de 1550. Hasta esa fecha, la minería moderna se reduce al ámbito del Imperio germánico y a los minerales cuyos beneficios son mayores. En la segunda mitad del siglo y en el siguiente van extendiéndose al resto de Europa y a otros productos —caso del alumbre y el vitriolo en los Países Bajos y las Islas Británicas o, más tarde, del carbón mineral—, pero pervivirán amplias bolsas de producción no afectadas por los cambios, donde lo normal es la explotación individual en la que trabajan pequeños empresarios que forman compañía, con la participación esporádica de jornaleros contratados a destajo, sin posibilidad de inversión en técnica. Hasta 1550 la empresa grande es la excepción. Después de esa fecha, y hasta el siglo XIX, seguirá siendo minoritaria en el conjunto europeo.



13.5. Trompa de soplado en una ferrería. *G. Branca,* La Machinae*, 1629*



13.6. Bombas de pistones movidas por una rueda «gravitatoria», *según* De Re Metallica, *de G. Agricola.*

La difusión de las innovaciones fuera de Europa se producirá en la segunda mitad del XVI, mediante la emigración de mineros y la aparición de la bibliografía técnica, en ausencia, antes del XVIII, de escuelas especializadas. El primer fenómeno tenía raíces antiguas. Ya en los siglos XII y XIII mineros germanos habían emigrado hacia el Este. A mediados del XVI, una serie de causas hacen que grupos de mineros del área del Imperio se dispersen por zonas cada vez más alejadas: alza demográfica, conflictos constantes políticos y religiosos en Europa central, crisis que azota allí a la minería y se traduce en cierre de explotaciones y descenso de salarios, y privilegios que se les ofrecen en otras zonas en forma de remuneraciones más elevadas, o privilegios por parte de los poderes públicos deseosos de atraerlos.

El segundo canal de difusión de las nuevas técnicas será la bibliografía especializada, un fenómeno nuevo ligado a la aparición de la imprenta. Son libros dirigidos a la descripción y difusión de prácticas y, por tanto, a gentes sin formación científica y que carecen del más mínimo aparato erudito.

Las primeras obras conocidas son pequeños manuales anónimos, destinados a enseñar a los mineros las prácticas elementales (cómo encontrar venas y trabajarlas) y que contienen indicaciones sobre el origen de los metales subterráneos. Son los denominados *Bergbüchlein* y *Probierbüchlein*, que alcanzaron una gran difusión para los parámetros de la época. Pero la cumbre de la bibliografía minerometalúrgica del momento serán tres obras publicadas en el XVI. En primer lugar, la del italiano Vanoccio Biringuccio, *De Pyrotechnia libri X*, publicada en 1540, es la primera explicación sistemática de las técnicas metalúrgicas en uso, que incluye descripciones de máquinas movidas por energía hidráulica y que además ofrece la primera referencia escrita de la posibilidad de extraer plata a base de la utilización de mercurio.

La obra de Biringuccio pronto queda superada por la que será la cumbre de la literatura minerometalúrgica anterior al Siglo de las Luces, el tratado del médico sajón Georg Agricola, *De Re Metallica libri XII*, suma de los conocimientos metalúrgicos de la época y de la región técnicamente más adelantada del mundo en la materia, aparecida en Basilea en 1556, que incluye casi 300 ilustraciones de una enorme claridad descriptiva, que caracteriza también al texto. El éxito de esta obra fue muy prolongado; si bien su edición original estaba redactada en latín, la primera traducción alemana apareció ya en 1557 y su difusión fue tal que se cita profusamente en América, donde puede encontrarse en varias bibliotecas del siglo XVIII, a la par que fue conocido y utilizado en un lugar tan alejado, cultural y geográficamente, como China.

El tercer gran pilar de la bibliografía técnica de la época fue Lazarus Ercker, que también trabajó en los Montes Metálicos y que, fruto de su experiencia, publicó un tratado minerometalúrgico en 1574 que complementa la obra de Agricola, sobre todo en relación con el ensayo de minerales.

Sin embargo, estos tratados apenas recogen aspectos relacionados con la metalurgia del hierro. El primero que se ocupa de ella es de un español, el médico sevillano Nicolás Monardes, quien en su obra *Diálogo del Hierro* (1574) rompe con la

hipervaloración que se concedía a las explotaciones de oro y plata. Destacan sus descripciones de los procedimientos usados en las ferrerías. Pero habrá que esperar al siglo XVIII para que aparezcan las grandes obras dedicadas a la siderurgia.

Biringuccio, Agricola y Ercker dominan la ciencia minerometalúrgica hasta el siglo XVIII, con la única excepción, para el siglo XVII, de la obra del andaluz Álvaro Alonso Barba, hombre de formación americana y cuya importancia capital denota un cierto desplazamiento de la técnica centroeuropea por la del Nuevo Mundo en la citada centuria, al menos en lo que se refiere a la metalurgia de la plata.

¿Qué capacidad difusora de técnicas tenía en realidad la bibliografía especializada? Es difícil saberlo. El que un empresario minero poseyera una de las obras citadas no implica que fuera capaz de reproducir máquinas o procedimientos. Obras escritas en latín, pero, sobre todo, la carencia, por ejemplo, de escala en las ilustraciones hace difícil pensar que pudieran ser construidas siguiendo las indicaciones de los libros. Es seguro que en el siglo XVI la transmisión a través del movimiento de los que poseían conocimientos siguió siendo la casi única forma de difusión de estos.

III

La renovación de la minería española

Todo este bagaje de novedades técnicas era, como hemos visto, absolutamente desconocido en España y sus territorios americanos, que seguían practicando una labor minerometalúrgica sumamente primitiva. Pero una serie de factores va a coincidir de forma rápida para producir en la década de los 50 una transformación radical en el panorama minero peninsular. El primero de ellos será la introducción de los Fugger, alemanes, los más importantes banqueros del momento y también grandes empresarios mineros en la Europa central. Con importantes relaciones financieras con el emperador Carlos V, consiguen la concesión real de un amplio territorio para la explotación de su subsuelo, ubicado entre Madrid y la vertiente norte de Sierra Morena. En ella, los Fugger trajeron a trabajar a más de doscientos oficiales y mineros alemanes y comenzaron a efectuar inversiones en diversas máquinas, dotando a las explotaciones que ponen en marcha en el área de Alcudia-Almodóvar de la más avanzada técnica entonces disponible[10].

El segundo factor de renovación fue la introducción revolucionaria de un nuevo procedimiento para la metalurgia de la plata en América, basado en el uso de mercurio —el procedimiento del patio—, en 1554. La rápida aceptación del nuevo

[10] En relación con esta década de renovación de la minería española, vid. Julio Sánchez Gómez: *De Minería, Metalurgia y comercio de metales*, Salamanca, 1989; Julio Sánchez Gómez y otros: *La savia del Imperio*, Salamanca, 1998; Antonio Matilla Tascón: *Historia de las minas de Almadén*, Madrid, 1958-88.

método y la inexistencia de una producción de azogue en ultramar hasta el descubrimiento de Huancavelica en 1563 desplazaron toda la demanda americana sobre Almadén, que pasa de acumular *stocks* por inexistencia de un mercado para su producción a verse sometida a una fuerte presión de demanda. La Corona, interesada tanto en el fomento de la producción argentífera ultramarina como en la extracción y exportación de mercurio por motivos fiscales, inicia una renovación de la explotación que pronto entrega a los Fugger. Estos, auxiliados también aquí por germanos, introducen diversas innovaciones técnicas, como bombas de desagüe de concepción más moderna o la sustitución de los hornos de xabecas por los de reverbero, primeros instalados en España. Nuevas técnicas y facilidades de mano de obra concedidas por la Corona, en forma de galeotes y moriscos forzados, permitieron elevar la producción desde 600 quintales anuales en 1563 a 2.100 en 1572.

El tercer y último factor de renovación de la minería castellana fue la aparición y puesta en producción en 1555 de la mina de plata de Guadalcanal, en el norte de la actual provincia de Sevilla. La altísima riqueza inicial de la explotación llevó a la Administración Real a tomar una decisión sin precedentes: la incautación a sus propietarios y la puesta en pie desde cero de una explotación directa por administración de la Real Hacienda.

Para iniciar la explotación de Guadalcanal, la Corona ordenó el traslado de todos los técnicos que los Fugger tenían contratados en sus cercanas minas de Almodóvar-Alcudia, y con su concurso y el de expertos llamados por la Real Hacienda desde diversos territorios europeos —el Imperio, Venecia, Flandes— y desde Nueva España, Guadalcanal se convierte durante el efímero tiempo de su máxima producción —1555 a 1570— en un crisol de experiencias españolas, centroeuropeas y americanas que hacen del yacimiento andaluz un centro muy vivo de aplicación y experimentación de nuevas técnicas. Fundamentalmente se entrecruzan en Guadalcanal las dos experiencias mineras más importantes del momento, la centroeuropea y la americana, un caso único en su siglo en el Viejo Continente.

En el momento de máxima presencia de extranjeros, llegan a trabajar en la mina andaluza más de doscientos mineros centroeuropeos. A través de ellos se introducen técnicas habituales en el ámbito germánico pero aquí desconocidas, y que renuevan todas las fases del trabajo minero y metalúrgico. Nuevos sistemas de entibación con madera que permiten la apertura de pozos y galerías más amplios y, por tanto, susceptibles de acoger mayor cantidad de trabajadores, lo que aumenta la capacidad de extracción. En el derribo de mineral, instrumentos más eficaces y auxilio del fuego para facilitar la apertura de grietas. En el desagüe, se construye la mayor galería hasta entonces abierta en el ámbito hispánico —cerca de 100 m de recorrido— y se instala la primera máquina de elevación de tipo malacate, un enorme ingenio movido por doce mulas con ruedas engranadas para transmitir el movimiento. El transporte interior conoce los primeros carretones de madera arrastrados por caballerías o trabajadores, el más directo antecedente de las vagonetas. La organización

interna del trabajo se transforma por aportación de los alemanes, lo que permite cuadrillas de cinco trabajadores que atendían simultáneamente derribo, desagüe y extracción de mineral. Hay que decir también que —aparte de la presencia de esclavos negros— Guadalcanal tuvo la más importante concentración de trabajadores que percibían un salario monetario en la España de su tiempo.

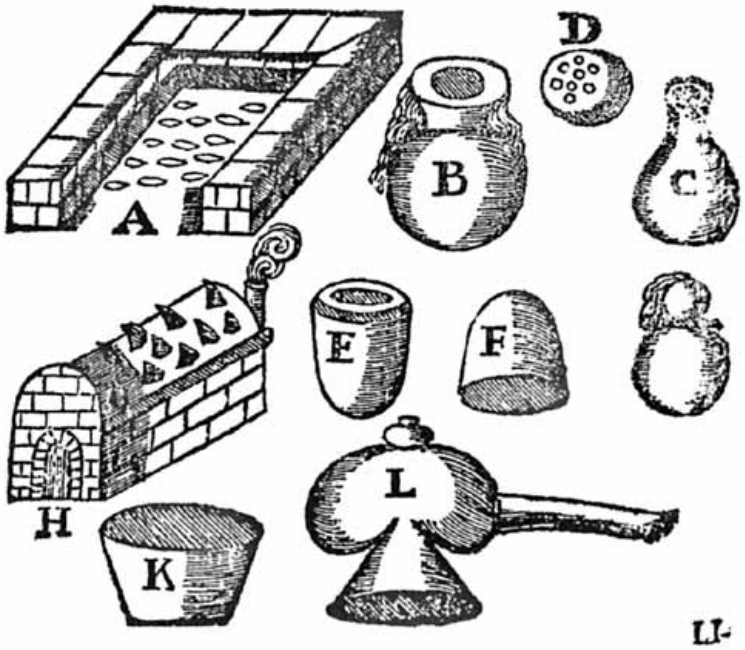
También para el tratamiento de mineral se introducen en Guadalcanal importantes innovaciones en la concentración y trituración, dos procesos mecanizados con ingenios movidos por caballerías, adaptación a un entorno seco de los mecanismos hidráulicos utilizados en Europa central. Por último, en el proceso de fundición, los tradicionales hornos «castellanos» son dotados de ingenios para mover los fuelles con mulas, lo que incrementa notablemente su rendimiento, y se introducen al mismo tiempo que en Almadén los mucho más eficaces hornos de reverbero.

Pero también del otro lado del Atlántico llegan innovaciones que han ido apareciendo en la dinámica minería novohispana: modificaciones en los hornos castellanos y en el tratamiento previo del mineral antes de la fusión, pero, sobre todo, el revolucionario procedimiento del patio, que se practicará en aquella mina hasta fines de siglo como único lugar fuera de América donde se utiliza antes del siglo XVIII.

Guadalcanal se convertirá en el principal centro de irradiación de las nuevas técnicas centroeuropeas hacia América, adonde emigrarán sus expertos cuando en 1570 comience la decadencia, y de las americanas hacia otras minas españolas y de la Europa del norte. Será un técnico de Guadalcanal quien efectúe demostraciones del proceso del azogue ante la corte de Viena, fracasadas más por motivos de carácter político que estrictamente técnicos.

Fuera de la efímera explotación de Guadalcanal, la renovación se produce también en algunas minas del distrito de Alcudia-Almodóvar. Se explota allí un amplio conjunto de yacimientos de los que se extrae plomo argentífero. Algunos de ellos ven una capitalización de cierta importancia y una renovación técnica que cuenta con el apoyo de técnicos alemanes llegados de Guadalcanal. De la práctica de simples agujeros que se abandonan en el momento en que la profundidad acarrea inundación y derrumbamiento se pasa a una explotación con pozos y galerías y al desagüe con bombas. En la mina de San Quintín llegó a haber en la década de los 60 hasta 250 trabajadores, la mayor concentración industrial de capital privado del país. Junto a estas pocas minas capitalizadas y modernizadas, coexistían y predominaban muchas otras muy pequeñas que realizaban una explotación tradicional. Fuera de este distrito, hay trabajos de muy poca envergadura en minas dispersas por las dos vertientes de Sierra Morena, desde Fuenteovejuna a Jabugo; comienza ahora también, pero a una escala muy pequeña, la explotación de las minas de Linares.

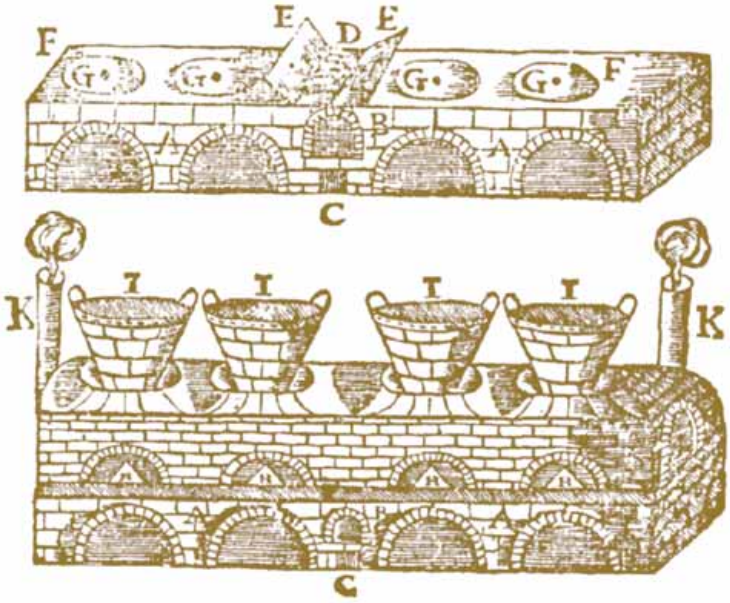
En una buena parte de estas minas era el contenido en plata del plomo lo que compensaba la explotación, sobre todo en aquellas que habían desarrollado un beneficio más mecanizado y que, por tanto, soportaban mayores gastos de explotación. La abundancia de plata que llega a España después de 1560 y la paralela subida



13.7. Horno de xabeca (letra H). *Álvaro Alonso Barba,* Arte de los metales*, 1640.*

de precios arruinaron precisamente a las empresas más renovadas, de manera que a fines de siglo toda la renovación de la década central se había reducido a nada y solo subsistían las explotaciones más primitivas, que soportaban costes mucho menores y cuya producción en conjunto se quedaba muy por debajo de la demanda interna, por lo que el reino se veía obligado a importar continuamente plomo del exterior.

Lo mismo sucede con el cobre y el estaño, dos producciones para las que existía una demanda creciente en la segunda mitad del siglo XVI —piénsese en el armamento o en el creciente uso del cobre en la amonedación—. De cobre había importantes reservas en el suelo peninsular, sobre todo en el suroeste, en buena parte ya explotadas en la época de Roma. Y esta circunstancia fue el factor que impidió que se explotaran significativamente antes del siglo XIX. Las minas habían llegado a profundidades muy considerables, estaban inundadas y era enormemente costoso plantearse volverlas a poner en estado de producir; pero además su misma profundidad había hecho que se encontraran en los estadios de minerales complejos para los que los técnicos, a pesar de repetidos intentos, fueron incapaces de encontrar el procedimiento adecuado de fundición. Hubo un factor más: el aislamiento que Felipe II decide respecto del mundo protestante rompe los lazos con el ámbito germánico e impide los intercambios técnicos que caracterizaron a la primera mitad del siglo. Ello seguramente fue la causa del desconocimiento en España del procedimiento del «Saigerhütte», que permitía el beneficio de menas complejas de cobre.



13.8. «Del modo que se han de disponer los fondos en que se han de beneficiar los metales». *Álvaro Alonso Barba,* Arte de los Metales*, 1640.*

Tampoco de estaño hubo producción significativa antes del siglo XVIII, a pesar de los estímulos por parte de la Corona. La consecuencia fue que, en ambos casos, España se viera obligada a importar el cien por cien de sus necesidades.

Por último, hay tres producciones extractivas que tuvieron importancia en la segunda mitad del XVI: el alumbre, sulfato de aluminio y potasio, sustancia insustituible en la industria textil (como fijador de las materias colorantes sobre las fibras textiles) y con aplicación también en el curtido de pieles, en la fabricación de vidrio y en la preparación de recetas de uso medicinal. España fue en esta época, junto con el Estado Pontificio —Tolfa— la principal productora y exportadora de este producto[11], obtenido en los yacimientos de Mazarrón, Cartagena, Rodalquilar y otras pequeñas explotaciones cerca de Úbeda y Vera. La extracción del alumbre se realizaba en tajos a cielo abierto, en una labor más parecida a la de una cantera que a la de una mina. La tierra extraída era refinada mediante cocción en grandes calderas.

El azufre era un ingrediente esencial en la fabricación de pólvora, producto que ya a fines del siglo XVI era el núcleo de la guerra. No existía producción en el reino antes de 1570, en que se descubre el yacimiento de Hellín, pero la falta de conoci-

[11] Sobre la producción de alumbre, vid. Jean DELUMEAU: *L'alun de Rome*, París, 1973; Julio SÁNCHEZ GÓMEZ: *De Minería, Metalurgia...*; Ramón CARANDE: *Carlos V y sus banqueros*, Madrid, 1948-65.

mientos técnicos impide su puesta en explotación. Solo después de 1586, con el concurso de técnicos italianos se ponen en marcha. La disposición de las vetas permitía el trabajo a cielo abierto, si bien esto en una explotación de cierta envergadura era una importante innovación y planteó retos que hubo que resolver. En los primeros tiempos —cuando se extrajeron las vetas más altas, en la centuria siguiente, hubo que recurrir a la explotación subterránea— se practicaba un agujero en forma de tronco de cono —«abrir plaza»— hasta alcanzar las vetas de mineral. Se extraía después la tierra rica en contenido de azufre rompiendo la veta con picos, almadenetas y barras de hierro, y en superficie se trabajaba con cedazos para separar la piedra rica de la estéril.

Después, se sometía el mineral al proceso de fusión para lograr azufre puro. Este revestía también una gran sencillez y guardaba ciertas semejanzas con el empleado para la fundición del cinabrio a fin de obtener mercurio. En unos hornos de pequeña altura construidos con barro, revocados en su interior con cal y arena para aumentar la reverberación del calor, y con una puerta inferior para cargar el combustible y el mineral, se colocaba el mineral de azufre en unas ollas dotadas de un doble fondo inferior con un orificio; a la aplicación del calor, el azufre destilaba por este hacia abajo, mientras que en otros el doble fondo se ubicaba en la parte superior, con lo que el azufre refinado podía recogerse tras el enfriamiento del recipiente. Parece que el azufre de los últimos resultaba de mayor pureza, ya que en los primeros se mezclaba en parte con la escoria, por lo que pronto serán aquellos los que predominen.

Las técnicas iniciales llegadas de Italia fueron perfeccionándose para adaptarlas a las características específicas del azufre de Hellín. A comienzos de los 90, los dos hornos eran capaces de producir seis arrobas de azufre en 30 horas, mientras que a fines de siglo se había aumentado la capacidad al doble, con cuatro hornos y el tiempo reducido a 10 horas. Varias de las mejoras fueron introducidas por técnicos italianos —la principal producción europea de azufre tenía su centro en el reino de Nápoles— al servicio de la Corona.

El último de los metales que tuvieron producción significativa en la España renacentista fue el hierro. Vimos que era ya en la primera mitad del siglo la más importante —la única si exceptuamos el alumbre y la casi anecdótica, por las cantidades, del mercurio— exportación metálica de la España peninsular. La producción siguió siendo elevada, sobre todo basada en el yacimiento de Somorrostro, una reserva de mineral de hierro de características inigualables para su tratamiento en horno bajo. Pero a medida que el siglo avanzaba, el alto horno iba conquistando Europa y arrojando una producción de menor calidad que el hierro vasco pero de mucho menor precio[12].

[12] Sobre el hierro en la España de la Edad Moderna, vid. Valentín Vázquez de Prada: *Historia Económica y Social de España*, Madrid, 1978; Luis María Bilbao y Emiliano Fernández de Pinedo: «Auge y crisis de la siderometalurgia tradicional en el País Vasco (1700-1850)», en Pedro Tedde: *La economía española al final del Antiguo Régimen*, vol. II: *Las manufacturas*, Madrid, 1982.

Ello fue cerrando los mercados a este hierro en la Europa del norte, lo que significó una crisis en su producción, acentuada en el siglo siguiente. El hierro de forja se mantendrá porque sigue siendo insustituible para algunas aplicaciones: rejas, armas blancas y otros objetos de elaboración delicada; pero la demanda más importante, la de la artillería, la marina o la mayoría de las herramientas u objetos domésticos, se dirigía al colado, mucho más económico aunque su calidad no fuera tan alta. Quizá el factor fundamental del sostenimiento de la producción de hierro cantábrico fue la existencia de un mercado cautivo en las colonias ultramarinas, cerradas al comercio legal de hierro no vascongado.

El hierro elaborado con el procedimiento tradicional sobrevivió, con dificultades, no solo en el siglo siguiente, sino hasta los albores del siglo XX. El País Vasco no dio el salto al alto horno en todo el tiempo de vigencia del Antiguo Régimen, e incluso se opuso a la acción de técnicos que llegaron desde los Países Bajos para introducirlo. El interés de la Corona dio lugar a la primera tentativa de introducción del hierro colado en El Pedroso (Sevilla), que fracasó.

Solo avanzada la centuria siguiente se lograría poner en funcionamiento el primer alto horno con continuidad en Liérganes, cerca de Santander. También en el hierro, en el que en la primera mitad del siglo España ocupaba un lugar puntero en Europa, el último tercio de la centuria condenaba a España al retraso tecnológico por largo tiempo.

IV

El despegue de la minería americana

Si hasta 1540 la producción de oro y plata en América se había nutrido de la expoliación de los tesoros indígenas y de la extracción de minerales fáciles con las técnicas locales, y en la década de 1540 comienza la renovación con la llegada de los primeros técnicos alemanes, la de los 50 será la del gran salto, como consecuencia de la introducción del revolucionario sistema metalúrgico de la amalgama, pero también de otras innovaciones surgidas ya en América, que comienza a producir su propia técnica, y de la renovada minería peninsular[13].

Ya antes de 1550 se detecta la presencia de germanos en las explotaciones americanas, exceptuados de las prohibiciones que pesaban sobre la entrada de extranjeros en Indias. En 1528, por ejemplo, Carlos I firmaba contrato con los financieros

[13] En relación con la minería americana colonial, vid. Julio Sánchez Gómez y otros: *La savia del Imperio*; M. Bargalló: *La minería y la metalurgia en la América española durante la época colonial*, México DF, 1955; H. Bonilla: *El sistema colonial en la América española*, Barcelona, 1991; Mervin Lang: *El monopolio estatal del mercurio en el México colonial,* México, 1977; G. Lohman Villena: *Las minas de Huancavelica en los siglos XVI y XVII* Sevilla, 1949; Juan Marchena Fernández: *Potosí, plata para Europa,* Sevilla, 2000.

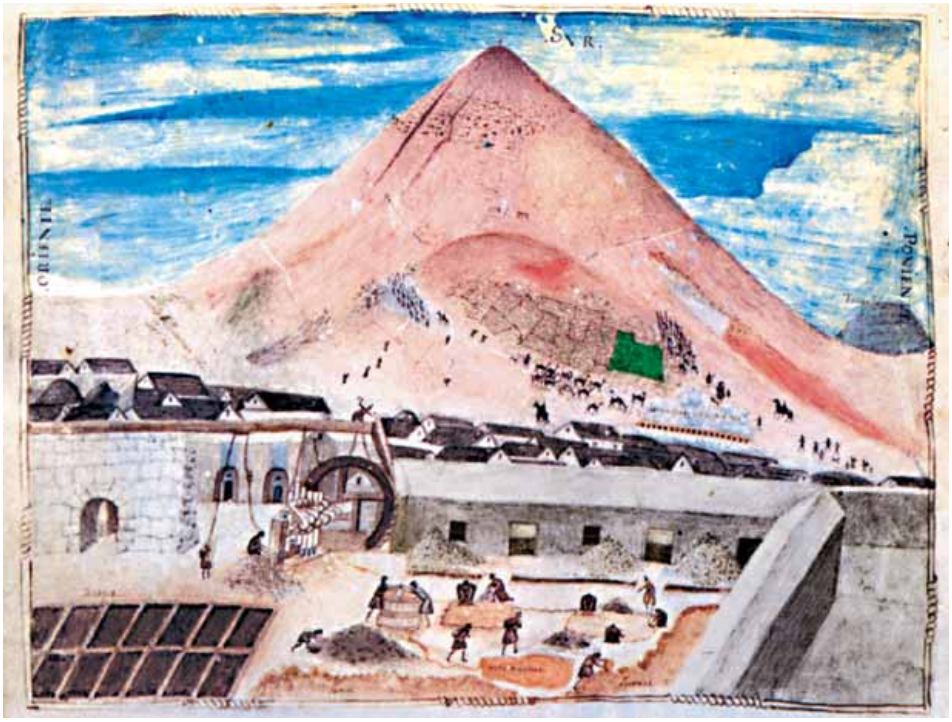
Welzer para la explotación del territorio de Venezuela; en respuesta a tal acuerdo, los banqueros llevaron a América 50 mineros procedentes de los Montes Metálicos y de Silesia que, tras el fracaso de la expedición desde el punto de vista minero, se trasladaron en parte a Nueva España y Perú.

Igualmente, un grupo de mineros posiblemente vinculados a los Fugger llegaba en la década de los 40 a México «con aparejos e industria para fundir metales en las minas de plata, que hasta entonces no se entendía, e hicieron ingenios de fundir metales», parece que en las minas de Sultepec, donde junto con Taxco está documentada la presencia de centroeuropeos antes de 1550. Luego llegarían más. Todos ellos contribuyeron a esa primera introducción de técnicas europeas que se añaden a las indígenas y a las llevadas por los españoles para dar lugar a la primera oleada de producción significativa de plata, que tiene lugar a fines de los años 40 y en los primeros 50.

Pero es precisamente en el lustro 1550-1555 cuando comienzan a advertirse alarmantes síntomas de crisis en la minería de Nueva España. Aunque en esos años se están poniendo en explotación casi de forma continua nuevas minas, las más productivas del virreinato hasta el siglo XVIII, los rendimientos decrecientes aparecen en seguida y comienzan a hacerse insoportables en algunas partes. La producción de plata inicia una decadencia no tan notable en términos globales cuanto a escala local, derivada de los altos costos del procedimiento habitual de fundición, que consumía enormes cantidades de leña para alimentar los hornos, un bien escaso en algunas áreas de México. El gasto de madera, que obviamente subía de precio de forma rápida, podía soportarse cuando se extraían minerales de alta ley, pero resultaba en pérdidas cuando la riqueza de los minerales disminuía o incluso cuando, manteniéndose una cierta ley, había que descender a profundidades considerables para extraerlos, con el correspondiente incremento de gastos de explotación. Hacia 1550-1552 la madera había desaparecido prácticamente en las zonas cercanas a las áreas mineras más antiguas, que habían quedado deforestadas.

En Perú el problema se presentó algo más tarde. En un principio el mineral de Potosí era de ley tan elevada que hizo pensar a los españoles que las minas eran inagotables y que la guayra era un procedimiento suficiente para su tratamiento, pero a mediados de los cincuenta comenzó la escasez de combustible, y hacia 1560 también el mineral más productivo, extraído ya a una profundidad considerable, descendía de riqueza. El ciclo de plata peruano parecía que se iba a abortar justamente en su nacimiento.

Fue esta grave situación en lo que ya se había convertido en el nervio económico de la colonización, la producción argentífera, la que dio impulso en la segunda mitad del siglo XVI a la búsqueda y experimentación de sistemas menos costosos de beneficio, de los que el de la amalgamación con mercurio saldrá triunfante. No es casual, vista la más temprana aparición de la crisis en México, que aquel comenzara a utilizarse en las minas de la colonia más septentrional.



13.9. «El cerro rico de Potosí». *The Hispanic Society of New York (ms. K3, h. 1584). En primer plano un «patio» de beneficio por amalgamación, donde se observa un molino de almadanetas movido por una gran rueda vitruviana.*

Tal como se aplica el procedimiento de amalgamación en sus inicios —el beneficio experimenta cambios y mejoras hasta fines del siglo XIX—, consistía en un previo molido fino del mineral con mazos o morteros, movidos por caballerías o fuerza hidráulica, completada a veces con la pulverización en molinos y amasado posterior de la masa humedecida. A continuación se mezclaba la masa con sal y mercurio, a los que años más tarde se añadió el denominado «magistral», partículas de algún metal, generalmente cobre, pero también limaduras de hierro, que servían para facilitar y acelerar el beneficio, algo imprescindible cuando, con la profundización, los minerales se hacían progresivamente complejos. Tras un largo reposo, a veces de varios meses, se producía el lavado con agua del material en tinas provistas de molinillo agitador, movidas también a veces por animales o fuerza hidráulica, para separar la amalgama de plata y mercurio de la ganga. Por último, con ayuda de calor —de escasa entidad, por lo que no aportaba problemas de combustible—, se producía el desazogado de la pella mediante sublimación.

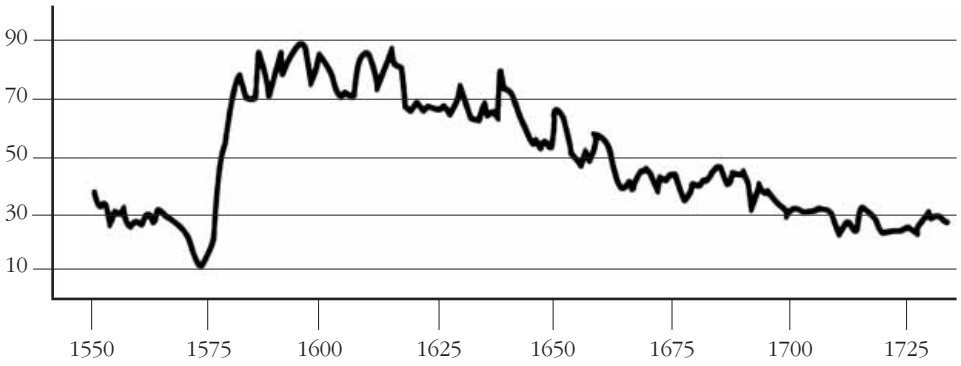
En torno a la originalidad de la amalgamación se ha producido una larga y tediosa polémica de tintes claramente nacionalistas, aunque está claro que el procedimiento, aplicado por primera vez por el sevillano Bartolomé de Medina en la mina

de Pachuca (Nueva España) en 1554, era conocido y había sido utilizado, siquiera fuera en muy pequeña escala y de forma muy local, en Europa (Véneto) antes de esa fecha. Aunque es preciso decir también que, si el procedimiento era conocido, su entrada en la historia y en el proceso económico se produce en Nueva España, donde pasa de ser una mera curiosidad a aplicarse a escala importante. Además, fue también allí donde se produjeron todos los perfeccionamientos e innovaciones que lo hicieron adaptable a minerales o circunstancias ambientales muy diferentes, hasta que a fines del siglo XVIII Von Born lo reintrodujo en Europa Central.

En cualquier caso, el éxito del beneficio fue fulgurante y duradero. A las ventajas de poder tratar menas de baja ley —las más abundantes en América, no rentables con el proceso de fundición y a las que además extraía mucha mayor proporción de sus contenidos en plata— y a la ausencia en él de combustibles —el método originario fue en frío y solo más tarde aparecen sistemas en caliente, que triunfan a fines del XVIII— une la menor demanda de mano de obra especializada —cara—, imprescindible en las fundiciones. En 1562 se había ya difundido por todo México, hacia 1572 se practicaba en Potosí, mientras que antes llegaba a España: en 1558 se ensayaba en Guadalcanal. Como se mencionó con anterioridad, el intento de un experto procedente de esta mina de llevarlo a Europa Central —practicó experimentos en Viena y en Bohemia— terminó en un fracaso, quizá más político que técnico.

El nuevo procedimiento supuso la inmediata adopción en Nueva España y en Perú de un conjunto de nuevos artefactos. La necesidad de moler muy finamente los minerales llevaba aparejada la construcción de ingenios para la molienda. En el Potosí, la molienda se realizó al principio recurriendo a procedimientos incaicos, pero pronto, como en tantas otras fases de la minerometalurgia, la más eficiente técnica europea suplantó a la indígena ante la necesidad de moler cantidades muy altas de mineral, lo que implicaba la necesidad de realizar el trabajo en una escala mucho mayor. Allí donde era posible, la mayor eficiencia de los molinos hidráulicos de rueda vertical, caída de agua superior y pisones hizo que fueran los preferidos, seguidos por los ingenios de animales, que a veces se veían obligados a sustituir a los anteriores en los periodos en que el agua escaseaba.

En el caso de Potosí, un lugar donde el régimen de lluvias es escaso, la demanda de energía hidráulica hizo preciso el desvío de una corriente de agua y la construcción de un conjunto de reservorios y canales que constituye hoy todavía el asombro de los estudiosos por su complejidad y los altos costos de inversión para su finalización. Tales embalses se edificaron valiéndose de la técnica de dique, recogiendo las aguas en cuencas naturales que cerraban por uno de sus lados con una gruesa pared. El virrey Francisco de Toledo, impulsor de dicha obra, había previsto hasta dieciocho de tales reservorios, aunque llegaron a ser veinte. La culminación de las obras llevó muchos años y aseguró la permanente actividad de la insustituible explotación de Potosí. No conocemos el origen de las técnicas utilizadas, si bien existían precedentes indígenas —los asombrosos acueductos y canales incaicos— y



13.10. Curva de producción de Potosí *que muestra claramente el tremendo impacto productivo de la introducción de la amalgama (reproducido de la obra de Juan Marchena, ed.,* Potosí, plata para Europa*, 2000).*

peninsulares —en la misma época se construyeron embalses y se proyectaron canales de avanzada técnica— suficientes como para poder recurrir a ambas tradiciones.

El nuevo procedimiento planteaba algunos inconvenientes; el más importante es que ligaba a la minería americana a un insumo que en Nueva España, a pesar de múltiples intentos, no llegó a producirse nunca a lo largo del periodo colonial. Todo el mercurio debía ser importado de fuera y por tanto se convirtió en un bien escaso y caro. En el virreinato peruano se había hallado el rico yacimiento de mercurio de Huancavélica; de él se abastecerán las minas peruanas, si bien en algunos momentos no produce suficiente y es preciso importarlo desde Almadén. El transporte por el largo itinerario que desde el sur de la Mancha conducía a Sevilla y Veracruz, y de allí ascendía a puntos tan lejanos del puerto atlántico como Zacatecas, constituyó uno de los mayores retos técnicos a que tuvo que hacer frente la tecnología hispana y que fue capaz de superar con éxito. Aún mayor desafío se producía en el transporte que a través del istmo de Panamá llegaba a Arica, y desde este puerto y a través de los dificilísimos caminos andinos subía hasta los más de 6.000 m del cerro de Potosí. Pero lo que resultaba inconveniente para los empresarios mineros americanos se saldó con una ventaja para la Real Hacienda. Esta, que controlaba directamente Almadén, se incautó de Huancavélica y monopolizó así la oferta de mercurio mundial[14], un bien que declaró en seguida «estancado» y a través de cuya distribución controló de forma estrecha la fiscalidad de la minería americana.

[14] Solo quedaba en el mundo occidental otro yacimiento, el de Idria, ubicado en la actual Eslovenia, territorio dependiente del Imperio, de donde en los siglos siguientes, ante el crecimiento exponencial de la demanda para América, se importó también mercurio, como igualmente se intentó de forma esporádica, en una tentativa desesperada de colmar las necesidades de las minas, traerlo de China a través de Filipinas-Acapulco.

13.11. Guaira *(según ilustración de la obra* Arte de los Metales*, de A. Alonso Barba)* ***e indios fundiendo minerales en guairas, «guairando»*** *(ilustración del siglo XVI, manuscrito K3, The Hispanic Society of New York).*

Las consecuencias de la introducción de las innovaciones técnicas de mediados de la centuria fueron espectaculares. La producción argentífera es vertiginosamente ascendente en Perú entre 1570 y 1590 —de Potosí, la mina que en ese siglo controla la casi totalidad de la producción del virreinato, se extraen en los años de máxima producción más de cuatro millones de marcos de metal blanco—, mientras que comenzará a descender de forma muy lenta a partir de esa fecha. En Nueva España —con una producción mucho más descentralizada— el ascenso será constante en la segunda mitad del siglo, pero quedará lejos del *output* peruano hasta casi el siglo XVIII. El éxito productivo de la minería argentífera configurará a la extracción de plata como el núcleo y eje de la economía colonial hasta la diversificación del XVIII; su exportación inundará Europa con cantidades de plata hasta entonces insospechadas, con las consecuencias que son suficientemente conocidas.

Pero el éxito tuvo sus víctimas. Las inversiones necesarias para poner en marcha el procedimiento de amalgamación no estaban al alcance de aquellos indígenas que fundían minerales con sus guayras en el periodo anterior a 1575. Los españoles dueños de minas, financiados por los grandes comerciantes exportadores, desplazan a aquellos, reducidos a un grupo residual en extinción. El sector indígena, si bien se mantiene —los que no participan en la extracción, sino que compran minerales a los españoles para guairarlos— durante el resto del siglo XVI, lo hará en franco retroceso frente al hispano.

El aumento de la producción minera americana planteó en seguida el problema de la necesidad de mano de obra. La presencia de una población indígena abundante y sometida en el entorno de las minas ofrecía una solución fácil. A ella se recurrió en ambos virreinatos, peruano y novohispano, si bien de forma diferente. En Nueva España, donde ya antes de 1570 se habían producido envíos obligatorios de

13.12. Alambiques *en la obra de Bernardo Pérez de Vargas:* De Re Metallica *(1568).*

indígenas a trabajar en minas, comienza utilizándose de forma conjunta el trabajo combinado de indios sedentarios de forma voluntaria con el trabajo forzado de indios y algunos esclavos negros. La progresiva escasez de los voluntarios frente al crecimiento del número de explotaciones determinó a partir de 1575 el empleo de indios de repartimiento —distribución obligatoria y organizada por la autoridad de trabajadores indígenas para labores consideradas de utilidad pública—. Pero donde el trabajo compulsivo adquirió una importancia mayor fue en el virreinato peruano; allí los cambios de los años 70 acarrean una alta demanda de mano de obra no especializada a la que el virrey Francisco de Toledo, quien recibe para ello la aprobación de la Corona, hizo frente mediante la creación de una institución que luego sería famosa: la denominada «mita minera», un sistema de trabajo con antecedentes incaicos que adquiere su configuración definitiva en 1578 y permanecerá vigente, a pesar de los numerosos ataques que recibe, hasta el fin del periodo colonial.

Mediante esta institución legal de trabajo compulsivo, los indios varones y adultos debían acudir por turnos a trabajar en las minas de Potosí y Huancavélica a cambio de un salario estipulado, siempre muy por debajo del fijado por el mercado de mano de obra y que Sempat Asadourian calcula mucho menor del necesario para la supervivencia. Aproximadamente en torno al 17% de los hombres de entre 18 y 50

años debían asistir al trabajo obligatorio de forma rotativa. Si en un principio la mano de obra se reclutaba en zonas próximas —relativamente— a los yacimientos, el descenso de la población indígena obligó a buscar los mitayos en regiones cada vez más alejadas, situadas hasta a 200 leguas de Potosí, con los problemas que ello suponía de desarraigo, de choques entre etnias enfrentadas o de adaptación a climas radicalmente diferentes a los de sus pueblos de origen: por ejemplo, los yungas procedían de la selva tropical, con temperaturas y humedad muy elevadas, y se veían trasladados a los climas y la sequedad extremos de los 6.000 m de las minas potosinas.

En cualquier caso, la disponibilidad de mano de obra barata tuvo consecuencias en la evolución técnica de la minería americana: fue un freno a la evolución técnica, esencialmente de la que suponía sustitución de fuerza de trabajo humano. Un estudio de la evolución de la minería americana entre los siglos XVI al XVIII revela que la inmensa mayoría de las innovaciones se dirigen a ahorrar mercurio o a acelerar el tiempo que precisaba la amalgamación, mientras que apenas se producen invenciones para ahorrar mano de obra. No interesan porque la tecnología es más cara que los indios. Así, la extracción de mineral en Potosí no empleó máquinas, sino que utilizó siempre indios que ascendían zacas de mineral por peligrosísimas escaleras. De tal manera influyó este hecho que en la labor de mezclar el mineral molido con el mercurio —repasar— se utilizaron siempre los pies de los indios, a pesar de su

Pragmatica de su Magestad, por la
qual revoca las mercedes de minas, y declarala parte que
han de hazer los descubridores dellas, y la orden
que se ha de tener en registrarlas
y beneficiarlas.
¶Con priuilegio. Tassado a cinco maravedis el pliego.

13.13. Pragmática de Su Majestad por la qual revoca las mercedes de minas y declara la parte que han de hacer los descubridores de ellas, y la orden que se ha de tener en registrarlas y beneficiarlas *(1559). Emplea aún las armas de enlace de los Habsburgo de España y de Inglaterra, fruto del matrimonio de Felipe II y María Tudor, reina de Inglaterra fallecida el año anterior.*

peligrosidad para la salud de los trabajadores —a causa del hidrargirismo—, y no se sustituyeron por caballos hasta el siglo XVIII; y esto solo en México, donde la mano de obra asalariada libre era ya entonces mayoritaria.

La baratura de la mano de obra —en realidad, la mita era una sustanciosa subvención de la Corona a los mineros, sin coste alguno para ella— prolongó además la vida de explotaciones cuyos rendimientos, dada la bajísima ley del mineral, las hubieran hecho inviables y que posiblemente hubieran debido abandonarse. De esta forma, los indígenas constituyeron una base esencial de la producción minera colonial.

V

A modo de conclusión

Se ha visto a la minería peninsular pasar, en la década central del siglo, del primitivismo técnico a una notable renovación por obra sobre todo de la intervención de expertos procedentes del área entonces más desarrollada, la Europa central. Pero la renovación se frustrará en el territorio peninsular a causa de dos factores: la falta de competitividad por precios diferenciales muy desfavorables respecto a la Europa más al norte y la ruptura de lazos con esa Europa que producía innovaciones; en un contexto de aislamiento, las innovaciones no llegan y se produce el estancamiento técnico. Es lo que sucede por ejemplo con la técnica para el tratamiento del cobre.

Ahora bien, cuando la técnica más avanzada se producía en lugares con los que España seguía manteniendo relaciones fluidas —el caso de Italia con respecto al azufre—, las novedades llegaban. La consecuencia no pudo ser más negativa: España tuvo que importar prácticamente todos los metales que le eran precisos, mientras que el hierro, en cuya producción ocupaba a principios de siglo un lugar puntero, llegaba a fin de siglo con una marcada crisis cuyo origen no era otro que el estancamiento tecnológico.

En cuanto a América, la innovación técnica se muestra altamente capaz de hacer frente a los retos que le plantearon las crisis de producción. El Nuevo Mundo será hábil en innovar, si bien su capacidad para hacerlo fue descompensada en la línea del ahorro de materias primas (*resource saving*) frente a la del ahorro de la baratísima mano de obra (*labour saving*); esta decisión, muy criticable desde el punto de vista ético, no lo es sin embargo desde el de la pura racionalidad económica: la minería americana se mostró capaz de producir elevadísimas cantidades de plata hasta el final de la colonia.

Bibliografía

Agricola, G.: *De Re Metallica*, Madrid, 1972 (ed. española).

Bakewell, P.: *Minería y sociedad en el México colonial: Zacatecas, 1546-1700*, Fondo de Cultura Económica, México DF, 1976.

— *Mineros de la Montaña Roja. El trabajo de los indios en Potosí (1545-1650),* Alianza Editorial, Madrid, 1989.

Bargallo, M.: *La minería y la metalurgia en la América española durante la época colonial, con un apéndice sobre la industria del hierro en México desde la iniciación de la independencia hasta el presente*, México DF, 1956.

Biringuccio, V.: *De Pyrotechnia*, ed. de C. Stanley Smith, Cambridge, Mass., 1958.

Bonilla, H.: *El sistema colonial en la América española*, Editorial Crítica, Barcelona, 1991.

Braudel, F.: *Civilización material y capitalismo: Siglos XVI-XVIII,* Alianza Editorial, Madrid, 1984.

Capoche, L.: *Relación general de la villa imperial de Potosí*, ed. de L. Hanke, Madrid, 1959.

Carande, R.: *Carlos V y sus banqueros*, Sociedad de Estudios y Publicaciones, Madrid, 1948-65.

Cipolla, C. M.: *Historia económica de la Europa Preindustrial*, Alianza Editorial, Madrid, 1976.

— *Historia económica de Europa (siglos XVI y XVII),* Ariel, Barcelona, 1979.

Clarkson, L. A.: *The pre-industrial economy in England, 1500-1750*, Batsford, 1972.

Daumas, M. (dir.): *Histoire Générale des Techniques*, París, 1965.

Delumeau, J.: *L'alun de Rome*, París, 1962.

Derry, T. K., y T. I. Williams: *Historia de la Tecnología*, Madrid, 1977.

Elhuyar, F. de: *Memoria sobre el influjo de la minería en la agricultura, industria, población y civilización de la Nueva España en sus diferentes épocas,* Madrid, 1825.

Gamboa, F. X. de: *Comentarios a las Ordenanzas de Minas*, México, 1987.

García Tapia, N.: *Técnica y poder en Castilla durante los siglos XVI y XVII*, Valladolid, 1989.

Gille, B.: *Histoire de la Métallurgie*, París, 1966.

Gregory, C. E.: *A concise history of mining*, Nueva York, 1980.

Humboldt, A. von: *Ensayo político sobre el reino de la Nueva España*, México DF, 1984.

Kellenbenz, H.: *El desarrollo económico de la Europa continental, 1500-1750,* Madrid, 1977.

Lang, M. F.: *El monopolio estatal del mercurio en el México colonial*, México, 1977.

León Portilla, M., J. Gurria Portilla, R. Moreno de los Arcos, I. Madero y E. Bracho: *La minería en México. Estudios sobre su desarrollo histórico*, México DF, 1978.

Lohmann Villena, G.: *Las minas de Huancavelica en los siglos XVI y XVII*, Sevilla, 1949. (Reeditado por la Pontificia Universidad Católica del Perú, 1999.)

López Piñero, J. M.: *Ciencia y técnica en la sociedad española de los siglos XVI y XVII*, Ed. Labor, Barcelona, 1979.

— (dir.): *Diccionario histórico de la Ciencia Moderna en España*, Ed. Península, Barcelona, 1983.

Marchena, J. (ed.): *Potosí. Plata para Europa,* Ed. de la Caja «El Monte» Sevilla, 2000.

Matilla Tascón, A.: *Historia de las minas de Almadén*, Madrid, 1958-88.

Miskimin, H. A.: *La economía de Europa en el Alto Renacimiento, 1300 a 1460*, Madrid, 1980.

— *La economía europea en el Renacimiento tardío*, *1460-1600*, Madrid, 1981.

Monardes, M.: *Diálogo del hierro*, Sevilla, 1574.

Nef, J. U.: *La conquista del mundo material*, Buenos Aires, 1969.

Othon de Mendizábal, M.: *La minería y la metalurgia en México*, México DF, 1980.

Parias, L. H.: *Historia general del trabajo*, Barcelona-México, 1965.

Prieto, C.: *La minería en el Nuevo Mundo*, Madrid, 1977.

Rey Pastor, J.: *La ciencia y la técnica en el descubrimiento de América*, Madrid, 1970.

Sánchez Flores, R.: *Historia de la tecnología y la invención en México*, México, 1980

Sánchez Gómez, J. : *De minería, metalúrgica y comercio de metales*, Salamanca, 1989.

— *Minería y metalurgia en la Edad Moderna*, vol. 16 de la *Historia de la Ciencia y de la Técnica* dirigida por F. J. Puerto Sarmiento, Ed. Akal, Madrid, 1997.

— G. Mira delli Zotti y R. Dobado González: *La savia del Imperio,* Salamanca, 1998.

— y G. Mira delli Zotti: *Hombres, Minas, Plata*, Sevilla, 2000.

— y J. Pérez Melero: «Minería y acuñación», en *Historia de la Ciencia y la Técnica en la Corona de Castilla*, Junta de Castilla y León, Valladolid, 2002.

Singer, Ch., E. J. Holmyard, A. R. Hall, *et al.*: *A History of Technology*, Oxford, 1957.

Smith, C.S.: *Dictionary of Scientific Biography,* N.B., York, 1957.

Sonneschmid, F.: *Tratado de la amalgamación de Nueva España,* México DF, 1983.

Trabulse, E.: *Historia de la Ciencia en México*, México DF, 1983.

Vázquez de Prada, V.: *Historia económica y social de España,* Madrid, 1978.

VV. AA.: *La minería española e iberoamericana,* volumen en *Actas del I Coloquio internacional de historia de la minería,* León, 1970.

14
El arte de navegar

M.ª Isabel Vicente Maroto
Universidad de Valladolid

A finales del siglo XV la navegación sufre una transformación profunda. Hasta entonces se había realizado una navegación costera, orientándose por la costa visible o cercana. La nueva «navegación de altura» o «navegación astronómica» se inicia en el Atlántico, por los portugueses, en el tercer cuarto del siglo XV, basada en la observación del sol y de la estrella polar. Después del descubrimiento de América y de arribar al Cabo de Buena Esperanza, los científicos y técnicos se afanaron por perfeccionar la navegación, impulsados por el interés de los Estados marítimos de Europa, que veían en su comercio por mar la base más sólida para su engrandecimiento.

Para la Corona española el dominio del mar era uno de los pilares para el mantenimiento de su poder y hegemonía, y una de las actividades más importantes durante el Renacimiento fue por tanto la navegación. La nueva etapa fue posible gracias a la confluencia de la tradición marinera del Mediterráneo con la del Atlántico.

Es conocida la afirmación del almirante Guillén Tato «Europa aprendió a navegar en libros españoles»[1], basada en las numerosas traducciones a las principales lenguas europeas que se realizaron durante el siglo XVI de varios tratados de náutica.

El 14 de febrero de 1503, por cédula de los Reyes Católicos, se crea en Sevilla la Casa de la Contratación —«la primera institución gubernamental para el progreso de la tecnología», en palabras de la historiadora germana Ursula Lamb[2]— con el fin de regular la navegación a las Indias y mejorar la seguridad. Y eran precisos buenos navíos, capaces de soportar largas travesías, aptos para el transporte de mercancías y capaces de defenderse de los ataques de piratas y corsarios.

Pero la profunda crisis del siglo XVII afectó también a la navegación, e ingleses y holandeses fueron logrando la primacía sobre los ibéricos.

---

[1] J. GUILLÉN TATO: *Europa aprendió a navegar en libros españoles*, Barcelona, 1943.

[2] J. M.ª LÓPEZ PIÑERO y otros: *Diccionario histórico de la ciencia moderna en España*, 2 vols., Barcelona, 1983, p. 402.

«El arte de navegar es aquella que enseña a los hombres cómo por la mar podrán guiar y endereçar el navío al propuesto puerto». Así comienza Joao Baptista Lavanha, cosmógrafo portugués al servicio de Felipe II, su tratado sobre la materia, leído en la Academia Real Matemática de la corte[3]. Denominada genéricamente «náutica», es una de las más tempranas disciplinas «aplicadas» y uno de los primeros puentes que acabaron con la separación entre ciencia y técnica propia de la Antigüedad clásica y del mundo medieval[4], y se desarrolló ante los problemas técnicos que planteaba la nueva navegación de altura. Porque los pilotos habían de guiarse por el cielo, y para conocer su posición debían saber determinar la altura del sol y de la estrella polar mediante los instrumentos más comunes: astrolabio, cuadrante y ballestilla. Además, tenían que manejar la *aguja* (brújula); conocer bien la luna y las mareas; disponer de cartas de navegación correctas, dibujadas por marinos experimentados. Y se precisaban buenos maestros, instrumentos y libros.

I

Pilotos y maestros en el arte de navegar

Para una navegación segura eran imprescindibles buenos pilotos que conociesen bien su oficio y buenos maestros que les instruyesen en el «arte». Pero también instituciones que velasen por su formación.

El descubrimiento por Colón de nuevas tierras en Occidente y la consiguiente explotación de sus riquezas impulsaron a los Reyes Católicos a crear, en fechas muy tempranas, la Aduana de Cádiz, con el fin de regular el tráfico de las mercancías que llegaran o que salieran para las Indias. Muy pronto, esta institución se mostró insuficiente, por lo que se estableció en Sevilla, en 1503, la Casa de la Contratación[5], dotada de una estructura inicial algo más compleja que la Aduana gaditana pero con el mismo objetivo. Se componía de un factor, un tesorero y un escribano que debían atender los aspectos derivados del comercio con América: decidir qué mercancías serían más provechosas para la Corona, nombrar a los capitanes de los buques y darles las instrucciones necesarias para cada viaje y, por supuesto, recibir y guardar las

[3] Biblioteca de la Universidad de Salamanca, Ms. 2317. En la primera página del manuscrito figura «Comiénçase a leer este trattado del Seor Juan Batta Lavaña Mathemático del Rey Nuestro Señor en la Academia de Madrid a 14 de março de 1588 años».

[4] J. M.ª López Piñero: *El Arte de navegar en la España del Renacimiento*, Barcelona, 1979.

[5] A José de Veitia y Linaje (Burgos, 1623 – Sevilla, 1688) se debe que se haya conocido muy bien el funcionamiento de la Casa de la Contratación y la colección de leyes relativas a la organización social y jurídica de las actividades científicas de dicha institución. En su obra *Norte de la Contratación de las Indias Occidentales* (1672, traducida al inglés en 1702), en el capítulo segundo, que trata del «Piloto Mayor, los cosmógrafos y pilotos de la carrera de las Indias, y sus derechos y obligaciones», lo explica con detalle.

mercancías y el oro procedentes de las Indias. Era por tanto, en principio, un establecimiento puramente comercial. Pero pocos años después, celebradas las Juntas de Toro en 1505 y las de Burgos en 1508[6], en las que participaron expertos navegantes como Juan Rodríguez de Fonseca, Vicente Yáñez Pinzón, Américo Vespucci, Juan de la Cosa y Juan Díaz de Solís, para mejorar la seguridad de la navegación a las Indias y el progreso de la náutica se resolvió crear la figura de Piloto Mayor de la Casa de la Contratación y establecer la elaboración y mantenimiento del *Padrón Real.*

La organización científica de la Casa de la Contratación se centra en la creación de las figuras de piloto mayor (1508), cosmógrafo de hacer cartas e instrumentos de navegación (1519) y catedrático del arte de navegar y cosmografía (1552).

El cargo fundamental fue el de piloto mayor, encargado de examinar y graduar a los pilotos y de verificar la calidad de sus cartas e instrumentos. Además, dirigía la confección del *Padrón Real*, carta patrón o modelo oficial a partir del cual debían elaborarse todos los mapas y cartas que utilizasen los pilotos y maestres de las naves, e inventario general de todas las tierras descubiertas, en el que estaba señalado tanto el mundo antiguo abarcado por los portulanos mallorquines como el Nuevo Mundo descubierto por los españoles y portugueses, por lo que debía ser constantemente actualizado. La revisión del Padrón Real durante todo el siglo XVI fue uno de los principales problemas técnicos, y una fuente de continuos enfrentamientos y litigios entre los cosmógrafos, científicos más teóricos, y los pilotos, más prácticos[7]. La dificultad de precisar las coordenadas geográficas de los lugares reflejados en el Padrón, principalmente la longitud, obligó a recurrir para su confección y perfeccionamiento a los matemáticos y cosmógrafos de más prestigio. La continua corrección del padrón, junto con el secreto con el que debía guardarse, es una de las causas de la escasez de ejemplares de la época que han llegado hasta nosotros. Pero la producción cartográfica de la Casa de la Contratación marcará el desarrollo de esta ciencia en los siglos venideros.

Entre 1508 y 1512 ocupó el cargo de piloto mayor Américo Vespucci[8], un italiano adiestrado en las navegaciones portuguesas. Le siguieron Díaz de Solís, Sebastián

[6] Como es sabido, los reyes de España se valieron de un sistema de juntas para deliberar con sus asesores sobre cuestiones políticas, donde se contrastaban criterios de personas expertas en materias específicas y se proponían soluciones a problemas muy variados, con objeto de que el monarca adoptara una decisión debidamente fundamentada. Se celebraron juntas presididas por el rey en persona, para resolver asuntos de alto interés nacional, y se celebraron otras muchas de carácter técnico que reunían a los pilotos, cosmógrafos y matemáticos para discutir sobre cuestiones relativas a la náutica en general y a la cartografía en particular. En numerosos documentos de archivo se reflejan estas discusiones de especialistas sobre problemas más o menos complejos.

[7] U. LAMB: *Cosmographers and Pilots of the Spanish Maritime Empire*, Variorum, 1995. En este libro se recogen artículos publicados por su autora sobre estos temas a lo largo de más de treinta años.

[8] La real cédula de 22 de marzo de 1508, que creó el cargo de piloto mayor, designó a Vespucci para ocuparlo, asignándole un sueldo de 50.000 mrs.

Caboto, Alonso de Chaves y Rodrigo Zamorano. Pulido Rubio distingue dos periodos en el cargo de piloto mayor[9]; en el primero, el trabajo recae en hombres expertos en navegación por exclusivo nombramiento real; en el segundo, en cambio, recae en hombres de ciencia y se cubre por oposición ante un tribunal constituido por cosmógrafos y personas entendidas en navegación.

Para ayudar al piloto mayor, se creó años después el cargo de cosmógrafo de hacer cartas y fabricar instrumentos, que ocupó, al parecer, en primer lugar, Nuño García de Toreno (1519) como «maestro de hacer cartas» y en 1523 el portugués Diego Ribero, ya como «cosmógrafo y maestro de hacer cartas e astrolavios e otros ingenios para la navegación».

El sueldo era bastante escaso, pero sus ingresos aumentaban notablemente con los beneficios obtenidos por la venta de dichos instrumentos y cartas a los aspirantes a pilotos, que tenían la obligación de presentarse con ellos al examen ante el piloto mayor para conseguir la licencia. En cambio, el piloto mayor no podía hacer ni vender instrumentos a los navegantes de la ciudad de Sevilla, aunque sí a los de otros lugares, ni enseñar a quienes fueran a examinarse, bajo pena de diez ducados; tampoco podía aceptar dádiva alguna de quien pretendiese ser piloto; sí le estaba permitido fabricar y vender mapas, globos y otros instrumentos que no fueran a utilizarse para la navegación; debía convocar a los cosmógrafos y otros pilotos experimentados para realizar los exámenes, y al que no acudiese se le imponía una multa, al principio de dos reales, que se aumentaron a cuatro en 1568, ya que muchos no cumplían con su obligación. Las funciones del cosmógrafo eran hacer cartas náuticas e instrumentos de navegación, formar parte de los tribunales examinadores de pilotos y maestros y estudiar las relaciones que los pilotos traían de sus viajes, incorporando o no las novedades encontradas, según su grado de fiabilidad. Fueron muchos los cosmógrafos de la Casa de la Contratación, y más de una vez trabajaron juntos.

Según las nuevas Ordenanzas de la Casa de la Contratación de 1552, se estableció una cátedra de cosmografía y arte de navegar, destinada en particular a la formación de los maestros y pilotos, que ocupó Jerónimo de Chaves. Sobre su funcionamiento ya se ha tratado dentro de las instituciones para la formación de los técnicos, por lo que no nos detendremos más.

Aunque los tres cargos citados eran incompatibles, durante el siglo XVI se produjo la duplicidad. El caso más destacado es el de Rodrigo Zamorano, castellano, de Medina de Rioseco, nombrado catedrático de cosmografía en noviembre de 1575, cosmógrafo en agosto de 1579 y piloto mayor en abril de 1586. Zamorano siguió desempeñando sus cargos hasta su jubilación en 1613.

[9] J. PULIDO RUBIO: *El Piloto mayor de la Casa de la Contratación de Sevilla. Pilotos mayores, catedráticos de cosmografía y cosmógrafos*, Sevilla, CSIC, 1950.

14.1. Portadas de cuatro de los tratados más significativos: *la* Suma de Geografía *de Martín Fernández de Enciso (Sevilla, 1519), el primero impreso; el* Arte de Navegar *de Pedro de Medina (Valladolid, 1545) y el* Breve Compendio de la Sphera y de la Arte de Navegar, *de Martín Cortés (Sevilla, 1551), los de mayor impacto allende las fronteras; y* Regimiento de Navegación *de Andrés García de Céspedes (finales s. XVI y principios XVII), que suponen la culminación del arte de navegar renacentista en los territorios de la Corona.*

Felipe II estableció otro oficio cosmográfico[10], de vida efímera —de 1557 a 1567—, el de cosmógrafo mayor de la Casa de la Contratación, nacido para tener en la corte a un matemático de gran experiencia como Alonso de Santa Cruz, pues aunque estaba vinculado a la institución sevillana, su titular residía en la corte, al lado del monarca. El oficio creado para Santa Cruz se transformó después, con la reforma del Consejo de Indias llevada a cabo por Juan de Ovando, en el de Cosmógrafo-Cronista Mayor del Consejo de Indias[11], cuyo primer titular fue Juan López de Velasco en 1571. Este oficio de cosmógrafo mayor llegaría a estar vinculado, a partir de 1591, con el de catedrático de la Academia Real Matemática.

El piloto mayor, los cosmógrafos y demás pilotos debían juntarse en la Casa de la Contratación todos los lunes, entre las dos y las cinco de la tarde, para examinar y aprobar los instrumentos que se presentasen. Los instrumentos que no pasaran el examen debían destruirse, y si eran de latón, como los astrolabios, habría que fundirlos de nuevo; las cartas aprobadas se marcarían, y las otras se destruirían. Pero a partir de 1564 debían reunirse también los jueves, para que los pilotos de las flotas y armadas pudieran ir siempre bien provistos.

Al año siguiente se endureció el sistema de revisión, y las personas autorizadas a sellar y aprobar los instrumentos no podían ser sus propios constructores, «por ser cosa clara que no ha de dezir mal de su obra el maestro della», sino el piloto mayor y los cosmógrafos que no los hicieran ni vendieran, junto con dos pilotos de los más antiguos y probada experiencia en la navegación y en la carrera de Indias, que estuvieran desocupados.

Además de la enseñanza impartida por los catedráticos y pilotos de la Casa de la Contratación, Fernando Colón intentó establecer un centro para la enseñanza de las matemáticas y de las técnicas de navegación en el barrio de los Humeros de Sevilla, con el fin de proporcionar marinos para la Armada y las flotas de Indias. Después de numerosas propuestas a los primeros Austrias y tras varios intentos frustrados, por fin llegó a crearse el Colegio de San Telmo en 1681, en el que recoger y educar a muchachos huérfanos y sin recursos.

Colegios semejantes al de San Telmo de Sevilla intentaron crearse repetidas veces también en el Cantábrico. Cristóbal de Barros, el hombre de confianza de Felipe II para los asuntos navales en el Norte, propuso en 1573 la creación de seminarios para la formación de pilotos en el Cantábrico; la propuesta consistía en establecer una cátedra itinerante que impartiera enseñanzas durante tres meses en cada una de las tres provincias de Guipúzcoa, Vizcaya, y Cuatro Villas de la Costa de la

[10] M. Esteban Piñeiro: «Los cosmógrafos al servicio de Felipe II. Formación científica y actividad técnica», *Mare Liberum*, n.º 10, Comição Nacional para as comemorações dos Descobrimentos Portugueses, Lisboa, 1995.

[11] M.ª I. Vicente Maroto: «Alonso de Santa Cruz y el oficio de Cosmógrafo Mayor del Consejo de Indias», *Mare Liberum*, n.º 10, Comissão Nacional para as Comemorações dos Descobrimentos Portugueses, Lisboa, 1995.

Mar (Cantabria)[12]. Algunas escuelas llegaron a funcionar durante algún tiempo, pero fueron claramente insuficientes, y propuestas del mismo tipo aparecen reiteradamente en memoriales escritos por expertos navegantes o constructores de navíos a lo largo de los siglos XVI y XVII[13]; con ellas se pretendía remediar la cada vez más acuciante falta de buenos pilotos y hombres dedicados a los oficios de la mar.

II

Textos náuticos

El arte de navegar resulta inseparable de la cosmografía y de la astronomía. Muchos autores de textos náuticos explican en sus prólogos el significado y las partes que abarcaba la disciplina. El vallisoletano Rodrigo Zamorano, cosmógrafo al servicio de la Casa de la Contratación, en su *Compendio de la Arte de Navegar*, escribe:

> Toda la arte con que se navega por derrotas y alturas se divide en dos partes principales, Teórica y Prática. La Teórica da el conocimiento de la compostura de la Esfera del mundo, en general; y en particular enseña el número, figura y movimiento de los cielos [...]. La prática enseña la fábrica, composición y uso de los instrumentos que en la navegación sirven, qual es el Astrolabio, ballestilla, Aguja y Relox, con el Regimiento del Sol, y de la Estrella, las reglas de la Luna, y de las Mareas, y la declaración de la Carta: con otras cosas a esto pertenecientes.

En consecuencia, los tratados del Arte de navegar incluían una parte teórica, fundamentalmente cosmográfica, y una parte práctica. Pero los pilotos, además de los instrumentos y cartas de marear, llevaban consigo unos manuales de navegación de carácter práctico, los llamados *Regimientos*, que pretendían ser muy sencillos, como ponen de manifiesto los autores en sus prólogos.

Desde principios del siglo XVI vieron la luz textos náuticos, pero otros muchos quedaron manuscritos, particularmente los que contenían derroteros, aunque circularon en copias.

El primer libro impreso en el que se trata de la navegación a las nuevas tierras descubiertas, escrito por un hombre que había participado en los descubrimientos y exploraciones, es la *Suma de geografía que trata de todas las partidas y provincias del mundo: en especial de las Indias. Y trata largamente del arte de marear; juntamente con la esfera en romance, con el regimiento del sol y del Norte: nuevamente hechas*, Sevilla, 1519. Su autor, Martín Fernández de Enciso, había nacido probablemente en la capital hispalense, y después de estudiar leyes en esa universidad se

[12] J. L. Casado Soto: «El arte de navegar en el Atlántico en la época del tratado de Tordesillas», en *El Tratado de Tordesillas y su época*, 3 vols., Valladolid, 1995, vol. II, pp. 985-1.005.

[13] Como resalta el autor del manuscrito *Diálogo entre un vizcaíno y un montañés sobre la fábrica de navíos,* ed. facsímil de la Universidad de Salamanca, 1998, con estudio y transcripción del texto de M.ª Isabel Vicente Maroto.

trasladó a las Indias, instalándose en La Española en 1509 y participando en los negocios del descubrimiento[14]. La obra está dedicada al emperador y en el prólogo explica que se decidió a escribir en castellano, no en latín, para que fuese útil a muchas más personas, pilotos y marineros, una descripción de las provincias conocidas, «con el regimiento del Norte y del sol y con sus declinaciones y con la longitud y latitud del Universo»; dice también que mandó hacer una figura en plano «en que puse todas las tierras y provincias del Universo de que hasta oy ha habido noticias por escrituras antiguas y por vista en nuestros tiempos», pero ese mapa no se llegó a imprimir: probablemente fue retirado por orden del Consejo de Indias, para no dar información geográfica a los portugueses. De la *Suma de geografía* se hicieron dos ediciones más, con correcciones, en 1530 y 1546, y la parte de la geografía indiana apareció en Londres, en 1578, como *A briefe description of the portes*.

El siguiente texto náutico que vio la luz en España, impreso en Sevilla en 1535, se debe a un cosmógrafo portugués, Francisco Falero, que vino a España desde Portugal con Magallanes; en 1519 entró al servicio de Carlos I con un sueldo considerable para la época, 35.000 maravedíes al año. *El Tratado del Esphera y del arte de marear: con el regimiento de las alturas: con algunas reglas nuevamente escritas muy necesarias*, como el propio título indica, consta de dos partes: la primera teórica, de cosmografía, y la segunda es el propio regimiento, aunque no incluía, como luego fue habitual, una parte dedicada a la construcción y uso de instrumentos náuticos.

A partir de mediados de la centuria el autor más conocido fue Pedro de Medina. Había nacido en 1493, no se conoce dónde, quizá de familia de judíos conversos, pero se sabe que pasó su infancia en el palacio sevillano de los duques de Medina Sidonia; se relacionó con Fernando Colón y con los cosmógrafos y pilotos de la Casa de la Contratación[15]. Desde 1535 el Consejo de Indias contó con él para formar parte de las juntas y comisiones que se celebraron para resolver problemas cosmográficos. Pero su gran prestigio se debe a ser el autor de sus tratados de navegación, que se difundieron por toda Europa[16]. El *Arte de navegar*, que dedica al príncipe don

[14] Al año siguiente financió la expedición de Alonso de Ojeda para ir a descubrir la parte de Tierra Firme que hay entre el cabo de la Vela y el golfo de Urabá, nombrándose a sí mismo alcalde mayor de las tierras que se descubrieran; su enemistad con Vasco Núñez de Balboa, que no reconoció su autoridad, hizo que volviera a España a pedir justicia.

[15] Formó parte de la Comisión que en 1535 elaboró el nuevo Padrón Real; acudió a la junta de Valladolid, con Alonso de Santa Cruz, en 1554, para enjuiciar un instrumento ideado por el alemán Pedro Apiano, para calcular la longitud; estuvo presente en la junta de Madrid, en 1556, para emitir un informe sobre la situación de las Filipinas. Y desde 1539 era Cosmógrafo de honor, sin salario, de la Casa de la Contratación, lo que le permitía construir y vender a los aspirantes y pilotos instrumentos y cartas náuticas, participando también en los tribunales examinadores.

[16] M. Cuesta Domingo: *La obra cosmográfica y náutica de Pedro de Medina*, Madrid, BCH, 1998, con la edición de los textos de Medina, impresos y manuscritos. De la *Suma de la Cosmographia*, manuscrito de la Biblioteca Nacional de Madrid, M.ª Luisa Martín-Merás ha hecho el estudio introductorio de la ed. facsímil de Ediciones Grial, Valencia, 1999.

Felipe, se imprimió en Valladolid en 1545, y comienza explicando que lo escribió al ver que «pocos de los que navegan saben lo que a la navegación se requiere, la causa es, porque ni hay maestros que lo enseñen ni libros en que lo lean». Pedro de Medina divide su obra en ocho libros, recopilando los principios de cosmografía y astronomía conocidos en su tiempo para aplicarlos a la práctica de la navegación. Rápidamente fue traducido a las principales lenguas europeas, reimprimiéndose muchas veces hasta muy entrado el siglo XVII[17]. Tiene el privilegio de haber sido editada en cinco idiomas durante el siglo XVI.

En el *Regimiento de navegación*, impreso en Sevilla, primero en 1552 y con una segunda edición en 1563, Pedro de Medina explica a los pilotos, de forma clara y más sencilla, cómo utilizar los instrumentos más comunes y las cartas náuticas. En el prólogo aclara que, después de haber navegado para saber todo lo que deseaba, compuso, una vez en tierra, su *Arte de Navegar*, y después un libro de *Regimiento* de pilotos (1552), y ahora escribe este regimiento «de tal manera que los pilotos y otras personas que navegan más claramente entiendan las cosas de la navegación, en especial los casos y peligros que navegando les puedan suceder». Dedica sus libros a Felipe II, y dice ser el primero en haber escrito un Arte de navegar.

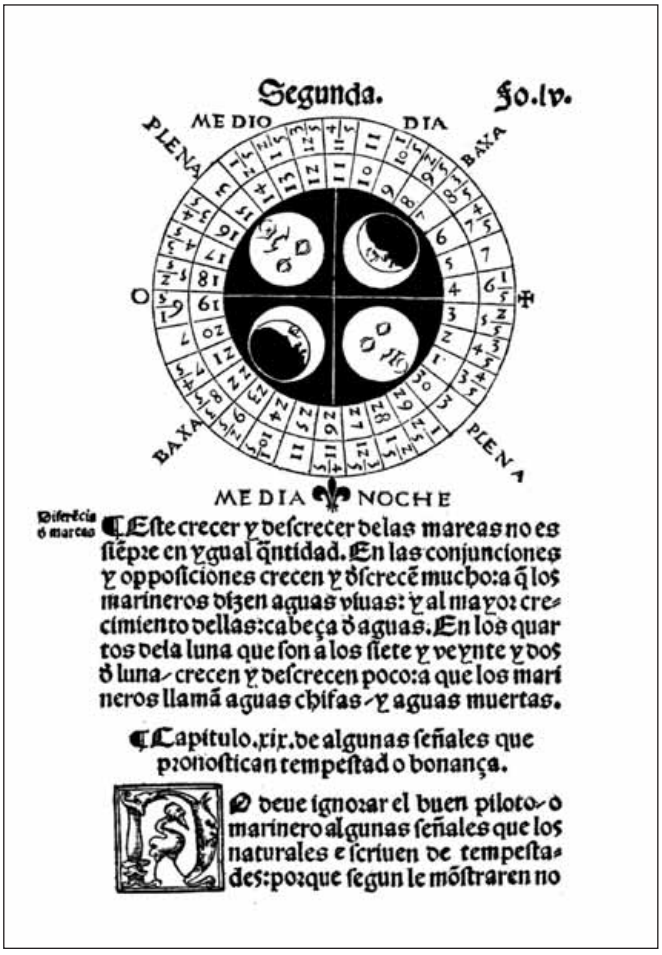
Pero en 1551 vio la luz en Sevilla otro conocido tratado, el *Breve Compendio de la Sphera y de la Arte de navegar*, de Martín Cortés, que su autor escribía desde 1545, dedicado al emperador Carlos; diez años más tarde se tradujo al inglés, y al igual que los tratados de Pedro de Medina —a quien Cortés disputa en el prólogo la primacía como autor de un compendio sobre el arte de navegar—, gozó de gran difusión[18]; se imprimieron nueve ediciones en inglés, la última en 1630. En el prólogo, el cosmógrafo aragonés, natural de Bujaraloz (Zaragoza) pero afincado en Andalucía, se lamenta de la ignorancia de los pilotos: «Cuánto más dificultoso le pareciera al mismo Salomón si el día de hoy viera cómo pocos o ninguno de los pilotos saben apenas leer y con dificultad quieren aprender y ser enseñados».

En su obra, Martín Cortés explica, con una idea nueva entonces, el fenómeno de la variación de la aguja magnética por la existencia de un polo distinto del polo del mundo, donde residía una virtud atractiva del imán.

En 1581 se publicó el ya citado *Compendio de la Arte de Navegar* de Rodrigo Zamorano, «Astrólogo y Matemático, y Cosmógrafo de la Magestad Católica de Don Felipe Segundo Rey de España, y su Catedrático de Cosmografía en la Casa de la Contratación de las Indias de la ciudad de Sevilla», dedicado al Presidente del

[17] Principalmente al francés, cuya primera edición apareció en 1554, reimpresa en 1561, 1569, 1573, 1576, 1577, 1579, 1583, 1615, 1628 y 1633; al italiano, 1553, 1554, 1555, 1569, y 1609; al holandés, 1580, 1589, 1592 y 1598; y al inglés, 1581 y 1595.

[18] Se reimprimió en castellano en 1556, en facsímil por la Institución «Fernando el Católico» en 1945, en transcripción por el Museo Naval de Madrid en 1990 y la Universidad de Valencia en 1996. Ediciones en inglés aparecieron en 1561, 1572, 1579, 1584, 1589, 1596, 1609, 1615 y 1630.


Segunda. Fo.lv.

MEDIO DIA

PLENA BAXA

BAXA PLEN

MEDIA NOCHE

Diferẽcia ó marcas

¶ Este crecer y descrecer delas mareas no es siẽpre en ygual q̃ntidad. En las conjunciones y opposiciones crecen y dscrecẽ mucho: a q̃ los marineros dizen aguas viuas: y al mayor crecimiento dellas: cabeça ó aguas. En los quartos dela luna que son a los siete y veynte y dos ó luna, crecen y descrecen poco: a que los marineros llamã aguas chifas, y aguas muertas.

¶ Capitulo. xix. de algunas señales que pronostican tempestad o bonança.

El deue ignorar el buen piloto, ó marinero algunas señales que los naturales escriuen de tempestades: porque segun le mõstraren no

14.2. Diferencia de mareas *(Martín Cortés:* Breve Compendio de la Sphera y de la Arte de Navegar, *fol. LV): bello folio donde se aprecia el tipo de letra gótica de imprenta empleado por Antón Álvarez (Sevilla, 1551).*

Consejo Real de las Indias. En el prólogo al lector, el cosmógrafo destaca entre las virtudes de su tratado las novedades que incluye, en particular una nueva tabla de la declinación del sol mucho más correcta que las anteriores. La obra se reeditó cinco veces hasta 1598, y fue traducida al inglés por Wright en 1610.

Zamorano tuvo una participación destacada en la enmienda de los instrumentos y cartas de navegación que, impulsada por Juan de Herrera, inició Pedro Ambrosio de Ondériz y llevó a cabo García de Céspedes, ambos cosmógrafos mayores del Consejo de Indias. El cosmógrafo vallisoletano realizó muchos e importantes trabajos, según explica él mismo en varios memoriales dirigidos al monarca, reclamando aumento de sueldo.

No solo los matemáticos y cosmógrafos, sino también prestigiosos juristas escribieron tratados de navegación. Andrés de Poza, abogado del señorío de Vizcaya, que se había educado nueve años en la Universidad de Lovaina y diez en la de Salamanca, es autor de una *Hidrografía*, publicada en Bilbao en 1585, «la más curiosa que hasta aquí ha salido a la luz, en que demás de un derrotero general, se enseña la navegación por altura y derrota, y la del Este-Oeste: con la graduación de los puertos y la navegación al Catayo por cinco vías diferentes», utilizando datos sacados de textos náuticos italianos, franceses, ingleses y flamencos. El doctor Diego García de Palacio, jurista montañés, del Consejo de Su Majestad y su oidor en la Real Audiencia de México, publicó en dicha ciudad, en 1587, su libro *Instrucción náutica, para el buen uso, y regimiento de las naos, su traça, y gobierno conforme a la altura de México*, del que trataremos en la construcción de navíos. Y el valenciano Pedro de Syria, catedrático de jurisprudencia civil de aquella universidad, publicó en 1602 su *Arte de la verdadera navegación*, en donde expresa opiniones novedosas sobre la declinación magnética de las agujas y señala los abusos de los maestros de hacer cartas.

Algunos otros tratados estaban dedicados a describir instrumentos. Sobre el uso de la ballestilla publicó Simón y Tovar, médico y naturalista sevillano, su *Examen i censura sobre el modo de averiguar las alturas de las tierras por la altura de la Estrella del Norte tomada por la ballestilla* (Sevilla, 1595), en el que critica la excesiva afición de los mareantes al uso de la ballestilla, los motivos de esa afición y las razones para reprobarla, con rigor matemático.

Con los *Regimientos de Navegación* del burgalés Andrés García de Céspedes, escritos a finales del siglo XVI e inicios del XVII, el arte de navegar alcanza las mayores cotas, iniciándose después un marcado declive en la actividad náutica. El Cosmógrafo Mayor del Consejo de Indias, en su magnífico manuscrito coloreado[19] *Regimiento de tomar la altura del polo*, y en su libro *Regimiento de Navegación*, con una segunda parte de *Hydrografía*[20], publicado en 1606 y aprobado por el doctor Ferrofino, «Catedrático de Matemáticas de Su Magestad», en febrero de 1602, explica que su antecesor en el cargo, Ondériz, envió un memorial al monarca advirtiéndole de los defectos que tenía el padrón de la navegación de la carrera de Indias depositado en la Casa de la Contratación, al igual que el mapa universal «por averle prevaricado los Portugueses con sus pretensiones, y que por ser aora todo del rey nuestro Señor, avría lugar de hazer la verdadera descripción del dicho Mapa universal». Felipe

[19] En la portada del manuscrito *Regimiento de tomar la altura del polo*, Biblioteca Nacional de Madrid, Ms. 3030, figura una dedicatoria a Felipe «III» (con un papelito pegado encima de «II») de García de Céspedes, al servicio del Archiduque Alberto, y en otro papel pegado añade «Cosmógrafo Mayor», reflejando sus cambios de situación profesional; aparece una fecha, 1598, que corresponde a la terminación, pero debió de empezarlo antes de 1593.

[20] L. ALBUQUERQUE, en sus libros *Astronomical Navigation* e *Instrumentos de Navegaçao*, ambos publicados en Lisboa (1988), analiza la importante contribución a la cosmografía realizada por García de Céspedes con el trabajo publicado en su *Regimiento de navegación*.

II, aconsejado por Juan de Herrera, ordenó que en Sevilla se recogiese toda la información que los pilotos pudiesen proporcionar e impulsó una reforma en profundidad de los instrumentos y cartas de navegación ibéricas[21], llevada a cabo por Ondériz y García de Céspedes, que recoge en los citados textos, ayudados por los cosmógrafos y pilotos de la Casa de la Contratación, especialmente por Rodrigo Zamorano.

En sus tratados, García de Céspedes se refiere a los trabajos de Pedro Núñez, Zamorano, Copérnico, Tycho Brahe y demás científicos de la época.

Muchos tratados de navegación no llegaron a publicarse. Un buen ejemplo es el *Quatri partitu en Cosmographía prática*, más conocido como *Espejo de navegantes*, del cosmógrafo extremeño Alonso de Chaves; o el *Arte de marear*, compuesto en 1564 por el bachiller Juan Pérez de Moya, que se conserva en la biblioteca del Real Monasterio de El Escorial. También merece destacarse el *Tratado del Arte de Navegar*[22] escrito por el matemático y astrólogo Diego Pérez de Mesa (h. 1595), autor de varios textos científicos, aunque no llegó a ver publicado ninguno. El tratado, que parece dispuesto para ver la luz, lleva intercalados dibujos a pluma; está dividido en tres libros, y comienza como era habitual con la definición de lo que se entendía por arte de navegar; como ya hemos visto en otros autores, Pérez de Mesa insiste también en que el arte de navegar es lo que hoy llamamos una ciencia aplicada.

Entre los numerosos manuscritos que dejó el doctor Juan Cedillo Díaz, que sucedió a García de Céspedes como catedrático de la Academia Real Matemática en 1611 y ocupó el cargo hasta su muerte en 1625, se encuentra un *Tratado de la carta de marear geométricamente demostrada*, escrito en 1616, y la traducción que hizo del latín al castellano de los dos libros del Arte de Navegar de Pedro Núñez.

Los libros de derrotas no llegaron a ver la luz, por no ser conveniente que los corsarios y quienes no fueren súbditos de los monarcas españoles conociesen su contenido. Así ocurrió con el *Itinerario de navegación de los mares y tierras occidentales,* escrito hacia 1575 por un experto navegante cántabro, el capitán Juan Escalante de Mendoza, en forma de diálogo y dedicado a Felipe II. En el prólogo aclara la razón que le movió a escribir su tratado: ayudar a los navegantes a conseguir una navegación más segura, evitando «los grandes riesgos, peligros y dolos que en ella suelen, y pueden suceder» por ignorancia, impericia o descuido de los capitanes, pilotos, maestres y marineros, que eran causa de frecuentes naufragios de naos mal regidas, con daños irreparables y pérdidas de gentes y haciendas.

Escalante de Mendoza no consiguió ver publicado su *Itinerario*, por no lograr que le fuera concedido el permiso para su impresión, ya que el Consejo de Indias no consideró conveniente que las detalladas derrotas fueran conocidas por extranje-

[21] M.ª I. Vicente Maroto y M. Esteban Piñeiro: *Aspectos de la ciencia aplicada en la España del Siglo de Oro*, cap. IX, «El Cosmógrafo Mayor del Consejo de Indias. La enmienda de las cartas de marear y la reforma de los instrumentos para la navegación», pp. 398-462, con un apéndice que recoge la transcripción de 23 documentos.

[22] Biblioteca Nacional de Madrid, Ms. 11078, fols. 1-197v.

ros. Pero de esos manuscritos se hacían varias copias, que controlaba el Consejo y a las que tenían acceso determinadas personas, en función de su cargo.

En el precioso libro de Baltasar Vellerino de Villalobos —presbítero, doctor en sacros cánones y maestro en artes y filosofía— titulado *Luz de navegantes. Donde se hallarán las derrotas y señas de las partes marítimas de las Indias, Islas y Tierra firme del mar océano*[23] (1592), hay muchas analogías con el *Itinerario de Navegación* de Juan Escalante; según denuncia su hijo, Alonso de Escalante, Baltasar Vellerino debió de manejar una copia, por haber sido mayordomo del arzobispo de México don Pedro Moya de Contreras, que fue Presidente del Real Consejo de las Indias, en donde estaba depositado el libro de Escalante. En *Luz de navegantes*, el autor insiste en la ignorancia de los pilotos. Relata que el año 1562 quiso pasar a las Indias en la flota del famoso general Pedro Meléndez y da cuenta de sus navegaciones por el Nuevo Mundo. Se aficionó al arte de navegar siendo estudiante en la Compañía de Jesús de Sevilla, ciudad de donde era natural. Su tratado es eminentemente práctico, pues para obra especulativa era, en su opinión, muy competente y acertada el *Regimiento* de Zamorano.

El libro de Vellerino de Villalobos contiene 113 dibujos a pluma, y a página entera, de enclaves marítimos desde España a las Indias; tampoco consiguió licencia de impresión, y cuando la solicitó, el hijo de Escalante presentó una querella ante el Consejo. Muchos otros derroteros se conservan inéditos en los principales archivos y bibliotecas españolas, conteniendo información muy preciada en su época.

A medida que nos adentramos en el siglo XVII se puede observar que los autores de textos náuticos emplean un tono cada vez más pesimista, lamentando, además de la deficiente formación de los pilotos, la escasez de medios, en términos a veces dramáticos, como Antonio de Nájera, oriundo de Castilla aunque natural de Lisboa, que en su *Navegación especulativa y práctica*, escrita en lengua castellana y publicada en Lisboa en 1628 (reimpresa en Madrid en 1669), lamenta amargamente la ignorancia y terquedad de los pilotos españoles.

III

Instrumentos de navegación

El rumbo, la distancia, la latitud y la longitud constituyen, en palabras de Martín Fernández de Navarrete —gran figura de la Ilustración española, marino, historiador, literato y filósofo—, los cuatro términos de la navegación. Su conocimiento más exacto posible ha sido el objetivo perseguido por los tratadistas náuticos de todos los tiempos y para su determinación se utilizaban en el siglo XVI diferentes instrumentos.

[23] Biblioteca de la Universidad de Salamanca, Ms. 291. Edición facsímil, Museo Naval de Madrid-Ediciones Universidad de Salamanca, 1984, con estudio y comentarios de M.ª Luisa Martín-Merás Verdejo.

Entre ellos, la brújula es el más importante. Denominada por los marineros «aguja de marear», o simplemente «aguja», está constituida por una rosa dividida en vientos o rumbos, que en su forma más habitual tiene 32, por lo que cada una de las divisiones correspondía a 11° 15'; el rumbo norte normalmente era decorado con una flor de lis. Por debajo de la rosa, fabricada en cartón, eran colocados los hierros o agujas magnetizadas, y el conjunto giraba sobre un pivote; con el tiempo, el magnetismo de las agujas iba disminuyendo y era necesario tocarlas con la llamada «piedra de cebar», un simple trozo de magnetita. Con la aguja magnética se mantenía el rumbo o ángulo entre la proa de la embarcación y el norte magnético que indicaba el instrumento.

Para determinar la latitud mediante la altura de los astros —el ángulo formado por el Polo (Norte o Sur, según el hemisferio) sobre el horizonte del mar—, los navegantes utilizaban modelos simplificados del astrolabio y del cuadrante, cuyo uso se había generalizado entre los astrónomos medievales. Como los polos no están marcados en el cielo, se recurrió a las estrellas fijas —«medir estrellas»— que se encontraban en su vecindad. Para el hemisferio norte, los navegantes recurrieron a la estrella polar (que dista casi un grado del Polo Norte), mientras que para el otro hemisferio se eligió la de la constelación Crucis (Cruz del Sur); en este caso se tomaba la altura de la estrella sobre el horizonte y se añadían 30°, que es la distancia aproximada a la que está el Polo Sur, y obtenían de este modo la latitud del lugar.

El astrolabio náutico, construido en latón, acabó por quedar reducido a una corona circular o círculo graduado, de unos 20 cm de diámetro, una alidada o dioptra con las pínulas, y un anillo de suspensión; el cuadrante náutico, en madera, a un sector de cuarto de círculo graduado periféricamente, cuyo radio oscilaba entre 15 y 20 cm, con dos pínulas y un hilo de plomo[24]; ambos instrumentos debían ser muy pesados, para que soportasen mejor el movimiento del navío. Preferentemente, el cuadrante se utilizaba para observar la estrella polar y el astrolabio el sol; en este caso, en lugar de mirar directamente, lo que era incómodo para la vista, el observador suspendía el astrolabio, como si estuviese usando una balanza, y manejaba la alidada de manera que la luz del sol, entrando por la pínula superior, se proyectase en el orificio de la pínula inferior: a esta operación se le llamaba «pesar el sol». Las lecturas en una escala graduada de 0 a 90° daban inmediatamente la altura del astro sobre el horizonte. Debido a la dificultad de mantener estable su plomada durante las observaciones, el cuadrante náutico fue cayendo en desuso.

[24] Sobre instrumentos de navegación pueden consultarse numerosos tratados, como los de Luís de Albuquerque: *Instrumentos de navegação* o *Astronomical navigation*, Lisboa, 1988; *Introdução à História dos descobrimentos portugueses*, Lisboa, 1989, 4.ª ed.; *Historia de la navegación portuguesa*, Madrid, Ed. Mapfre, 1991. Manuel Sellés: *Instrumentos de navegación. Del Mediterráneo al Pacífico*, Madrid, 1994, en una magnífica edición. A. Estácio dos Reis: «A Arte de navegar», en *El Tratado de Tordesillas y su época*, 3 vols., Valladolid, 1995, pp. 1007-1019.

La ballestilla era el tercer instrumento utilizado en la medida de alturas. Se componía de una vara de madera de aproximadamente 1 m de largo, llamada virote, por donde corría otra vara más corta, la sonaja, también de madera; normalmente se disponía de tres o cuatro sonajas, que eran usadas conforme a la altura del astro. El observador, mirando por uno de los extremos del virote, hacía correr la sonaja, de modo que por la parte superior de esta divisase el astro, mientras que por la inferior apuntaba al horizonte del mar. La altura del astro era medida en una escala graduada en el virote (había una escala diferente para cada sonaja, en las diversas caras del virote); cuando observaba el sol, para no cegarse, efectuaba la operación de espaldas a él.

A finales del siglo XVI, probablemente a partir del método de observación del sol de espaldas con la ballestilla, se desarrolló un nuevo y más preciso instrumento para medir alturas, el cuadrante de Davis o cuadrante inglés[25], que se usó con éxito hasta mediados del siglo XVIII.

Otros instrumentos náuticos fueron mucho menos utilizados, como el kamal o tavoletas de la India (más habitual entre los navegantes portugueses), de fundamento semejante a la ballestilla, o el anillo náutico. Este último estaba destinado exclusivamente a tomar la altura del sol; consistía en un anillo perforado por un diminuto orificio, con el fin de que lo atravesara un rayo de sol que marcara un pequeño círculo iluminado sobre la escala graduada en su cara interior; su limitado uso se debió a la dificultad de su construcción.

Pedro Nunes —excelente matemático portugués nacido en 1502—, para mejorar y precisar las lecturas, ideó el nonio, que podía adaptarse al astrolabio y al cuadrante, pero realmente parece que solo pudo ser utilizado en instrumentos de gran tamaño, como el que fue mandado construir por el astrónomo Tycho Brahe, pero no en los de tamaño reducido, de unos 20 cm de radio, que se utilizaban en la navegación[26], dado el tipo de grabación que se utilizaba en la época. El procedimiento de Nunes fue mejorado por Clavio, y llegó a la configuración actual con Pierre Vernier, quien lo describe en un trabajo de 1634, pero no comenzó a emplearse hasta finales del siglo XVII, generalizándose a partir de mediados del XVIII.

---

[25] El primer modelo propuesto consistía en una regla graduada sobre la que se hacía deslizar un travesaño en forma de arco; en un extremo de la regla había una pínula a través de la cual se podía observar el horizonte, al tiempo que se deslizaba el travesaño, de forma que la sombra arrojada por su extremo superior sobre la pínula coincidiese con este: la altura se leía entonces sobre la escala de la regla. Con este tipo de cuadrante solo podían medirse alturas del sol entre los 15 y los 45°, por lo que Davis propuso un segundo modelo, igual al anterior pero por debajo de la regla, en el que opuesto al travesaño existía otro fijo en forma de arco, graduado, y que llevaba una pínula móvil.

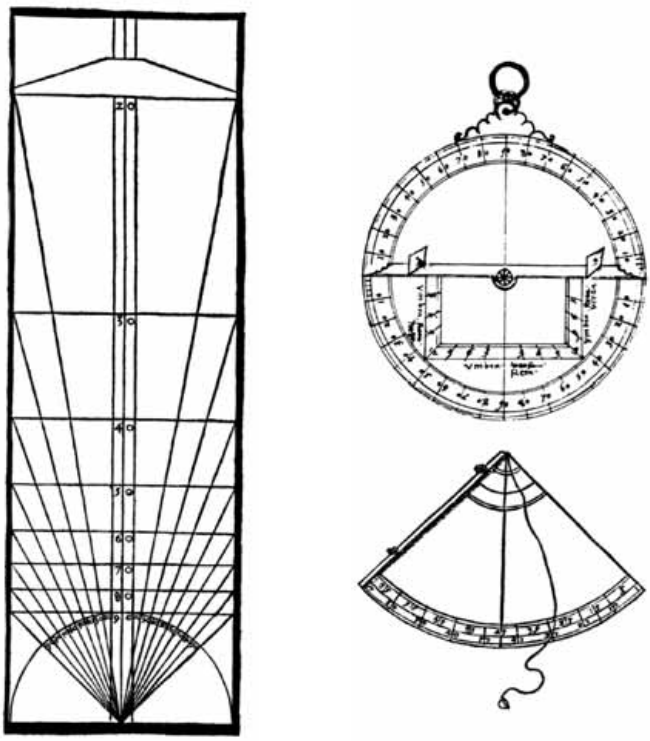
[26] A. ESTÁCIO DOS REIS: «O único exemplar vivo do nónio de Pedro Nunes?», *Revista de la Academia de Marinha*, Lisboa, 1995, y en *Medir estrelas*, CCT Correios de Portugal, Lisboa, 1997. El autor, después de una exhaustiva búsqueda, ha encontrado un único ejemplar de cuadrante que disponga de nonio, fechado en 1595, en el Instituto y Museo de Historia de la Ciencia de Florencia, fabricado por James Kynuyn, activo en Londres entre 1569 y 1610.

14.3. Navegantes: *«pesando el sol» con el astrolabio (medición de su altura) y manejando la ballestilla (observación de la estrella Polar y de la posición de las guardas). Ilustraciones que aparecen en obras de Pedro de Medina.*

Los pilotos llevaban además relojes de arena, llamados ampolletas, que solían ser de media hora, aunque los había de una o dos horas; compases, para utilizar las cartas de marear, y sondas, con sus plomos y escandallos, largas cuerdas que permitían saber la cantidad de agua que había por debajo de la quilla y también recoger muestras del fondo marino.

La corredera, aparato esencial en la navegación de estima, merced al cual se conoce la velocidad del buque y por consiguiente el camino o distancia navegada por él, apareció descrita por primera vez en *A Regiment for the sea* de William Bourne (1574). Consistía en un pequeño flotador que se lanzaba al mar en supuesta inmovilidad, cuyo alejamiento, al separarse de él el navío, se medía por un cordel fijo por uno de sus extremos y que, arrollado a un carretel a bordo, se desarrollaba procurando no tensarlo sino arrollando lo que buenamente pidiera el singlar del barco; al cabo de un tiempo medido con la ampolleta, la cantidad de brazas o cables, marcados con nudos, indicaba en millas por hora el andar. Pero debido a la poca precisión que podía tener en la época, su empleo no se generalizó hasta el último cuarto del siglo XVII.

Los resultados que se obtenían en las medidas realizadas con los instrumentos de navegación eran poco satisfactorios debido, además de los errores propios de los



14.4. Instrumentos náuticos: *ballestilla y su graduación (M. Cortés,* Breve Compendio de la Sphera y de la Arte de Navegar*, Sevilla, 1551), astrolabio (A. de Chaves,* Espejo de Navegantes*, manuscritode h. 1520-1538) y cuadrante (D. García de Palacio,* Instrucción náutica*, México, 1587).*

instrumentos por defectos en su construcción, a las difíciles condiciones en las que se debían realizar las observaciones, sujetas a los balanceos producidos por el movimiento del navío. Por ello, continuamente trataron de reformarse y perfeccionarse.

IV

La determinación de la longitud

El problema de la determinación de la latitud por métodos astronómicos estaba resuelto desde finales del siglo XV, y en los manuales de cosmografía o en los regimientos de navegación se incluían tanto las reglas como las tablas para determinar la latitud geográfica: regimientos de la altura del sol al mediodía, de la estrella polar o del crucero del sur.

La determinación de la longitud en el mar, que unos llamaron punto fijo y otros la distancia o navegación del Este-Oeste, fue un problema que a lo largo de los siglos

XVI y XVII parecía irresoluble, semejante al hallazgo de la piedra filosofal en la química y a la cuadratura del círculo en geometría. Numerosos científicos y técnicos se afanaron en encontrar un método preciso y fiable para determinar la longitud, basado en observaciones astronómicas, que precisaba además notables mejoras en la mecánica y en la óptica que permitieran disponer de relojes e instrumentos más perfectos. Como es sabido, hasta el siglo XVIII no fue posible la determinación de la longitud, a pesar de que los fundamentos teóricos se conocían, por lo que generalmente se hacían los cálculos a estima.

A lo largo de los siglos XVI y XVII se propusieron varios procedimientos[27]. La ansiedad con que en la época cosmógrafos y pilotos deseaban encontrar un proceso para la obtención de las longitudes llevaba a que una misma idea se le podía haber ocurrido a varios hombres que se interesaban por la náutica, o que la tenían como profesión[28].

Sin duda hay que destacar al cosmógrafo Alonso de Santa Cruz, que en su *Libro de las longitudines*[29], escrito a mediados del siglo XVI, analiza detalladamente cada uno de los métodos conocidos en la época para determinar la longitud geográfica de un lugar: hasta doce procedimientos, algunos de ellos teóricamente correctos pero difíciles de llevar a la práctica. Son particularmente interesantes sus reflexiones sobre «el de los eclipses de sol y de luna» —veinte años más tarde, López de Velasco llevaría a cabo un proyecto para obtener resultados útiles con este sistema— y su exposición del llamado «de variación de la aguja magnética». El método de los eclipses es un procedimiento sencillo; consistía en observar un eclipse de sol o de luna desde distintos lugares y anotar la hora del comienzo o del final del fenómeno: la diferencia entre las horas locales en que se producía el eclipse en esos lugares, transformada en grados a razón de 360 cada 24 horas, proporcionaba directamente la longitud. Pero de esta forma, la determinación se realizaba cuando se reunían las dos anotaciones, y además era necesario que el fenómeno a observar fuese frecuente y observable con relativa comodidad dentro de un barco en movimiento. Como mejor solución, propone la utilización de relojes que dieran medidas exactas del tiempo: conocida exactamente la hora de salida de un puerto, por medio de una observación astronómica, y ajustando a ella el reloj, averiguando por otra observación semejante la hora en el punto de llegada y comparada con la del reloj, la diferencia permitiría dar la de longitud entre los dos puntos; esta idea, que ya había

27 M.ª I. VICENTE MAROTO: «El Arte de navegar», en *Historia de la ciencia y de la técnica en la Corona de Castilla*, J. M.ª LÓPEZ PIÑERO (dir.), vol. III, pp. 346-381.

28 L. de ALBUQUERQUE: «Contribução das navegaçoes do séc. XVII para a conhecimento do magnetismo terrestre», *Revista da Universidade de Coimbra*, vol. XXIV, 1970.

29 Publicados conjuntamente con el *Islario general* por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas-Instituto Gonzalo Fernández de Oviedo, 1983-84, 2 vols., con estudio introductorio de Mariano CUESTA: «Alonso de Santa Cruz y su obra cosmográfica».

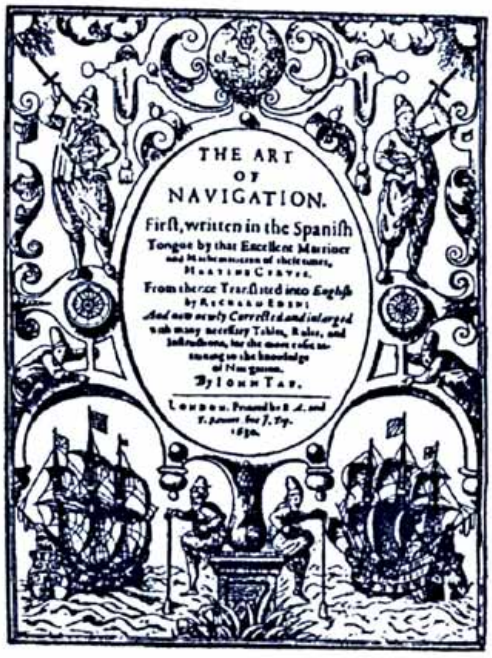
expresado Fernando Colón, era también difícil de llevar a la práctica, como señala Santa Cruz: «Por vía de relojes será dificultosa cosa el saber de la longitud, con la precisión que se requiere»; y, así, este método no pudo ponerse en práctica hasta mediados del siglo XVIII, cuando se dispuso del reloj adecuado. Por todo ello, incluso pilotos que poseían una buena formación teórica fijaban la posición a estima con mayor precisión que por cualquier vía matemática.

A lo largo de todo el siglo XVI se presentaron muchas solicitudes para que en el Consejo Real de Indias se examinaran diferentes instrumentos ideados para la determinación de la longitud. En muchos casos se trataba de instrumentos muy semejantes, con alguna ligera variación en su graduación o en su forma. El propio Aposentador Mayor de Palacio y arquitecto real Juan de Herrera también construyó instrumentos de su invención, tratando de conseguirlo.

Aunque conocidos navegantes y prestigiosos científicos manifestaron sus opiniones sobre la imposibilidad práctica de resolver el problema, los monarcas españoles y otros gobiernos extranjeros, dada su importancia, ofrecieron cuantiosos premios y gastaron importantes sumas de dinero en proyectos irrealizables. Felipe II decretó un premio, en 1598, de seis mil ducados de renta perpetua al año, dos mil de renta vitalicia y mil de ayuda de costa[30], mantenido por Felipe III, para quien solucionase el difícil problema. El propio Galileo optó al premio, a principios del siglo XVII, con su anteojo y un método basado en su descubrimiento de que los satélites de Júpiter se eclipsaban periódicamente al cruzar por detrás del planeta; conocido el periodo de revolución de los satélites, era fácil preparar tablas que suministrasen las horas en que, desde un meridiano de referencia dado, se veían ocultarse tras el disco de Júpiter. Sin embargo, a bordo de un navío, con el balanceo, esa observación era imposible.

Otros prestigiosos científicos también trataron de determinar la longitud con diferentes instrumentos. Así, los cosmógrafos de la Casa de la Contratación Rodrigo Zamorano y Villarroel mantuvieron un prolongado litigio por su invención, que ambos defendían como propia; el navegante Andrés del Río Riaño, que escribió un breve *Tratado de un instrumento por el cual se conocerá la nordesteación o noroesteación de la aguja de marear*, con el que pretendía resolver el problema; el doctor Juan Arias de Loyola, catedrático de la Academia de Matemáticas, en 1603 propuso revelar cinco secretos sobre la navegación, entre ellos la «invención de los grados de longitud, lo que vulgarmente llaman los marineros navegación del este al oeste»; el portugués Luís da Fonseca Coutinho, que en 1615 trabajaba para conseguir lo que llamaba «la aguja fija», es decir, sin variación en todas las partes del mundo; el

[30] Los principales métodos propuestos para optar al premio se recogen en E. FERNÁNDEZ NAVARRETE: «Memoria sobre las tentativas hechas y premios ofrecidos en España al que resolviese el problema de la longitud en la mar», en *Colección de documentos inéditos para la historia de España*, vol. 21, Madrid, 1852, pp. 5-241.



14.5. Siete décadas de vigencia: *ediciones extranjeras tardías de los textos de Pedro de Medina, de 1545 (en holandés, hasta 1598; en italiano, hasta 1609; en francés, hasta 1628) y de Martín Cortés, impreso en 1551 (en inglés, hasta 1630).*

capitán francés Juan de Mayllard también ofreció al rey el secreto de la graduación de la longitud de la navegación de este a oeste, a todas las horas del día con sol, en competición con el capitán Lorenzo Ferrer Maldonado. Y muchos otros científicos extranjeros presentaron diferentes memoriales al rey, tratando de conseguir su recompensa, como el genovés Benito Escoto, en 1616; Michael Florent van Langren, cosmógrafo y matemático flamenco al servicio del monarca español en Bruselas, en 1632; y cinco años después, José Moura Lobo. Pero las experiencias resultaron un fracaso.

Miguel de Cervantes, que murió en 1616, en el *Coloquio de los perros* se hace eco de estos vanos intentos[31], y después de referirse a un alquimista que pretendía haber hallado la piedra filosofal, con la que se haría muy rico, habla de las desgracias de un matemático que se lamenta en estos términos:

> Veintidós años ha que ando tras hallar el punto fijo; y aquí lo dejo y allí lo tomo, y pareciéndome que ya lo he hallado y que no se me puede escapar en ninguna manera, cuando no me cato, me hallo tan lejos dél que me admiro; lo mismo me acaece con la cuadratura del círculo, que he llegado tan al remate de hallarla que no sé si puedo pensar cómo no la tengo ya en la faltriquera; y así es mi pena semejante a las de Tántalo, que está cerca del fruto y muere de hambre, y propincuo al agua y muere de sed; por momentos pienso dar en la coyuntura de la verdad, y por minutos me hallo tan lejos de ella, que vuelvo a subir al monte que acabé de bajar con el canto de mi trabajo a cuestas, como otro nuevo Sísifo.

V

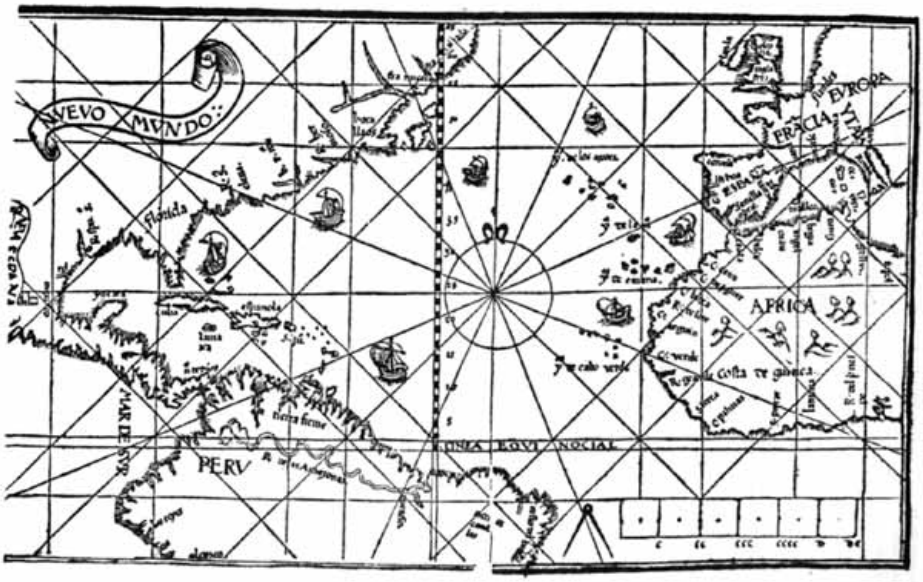
A modo de resumen

En los inicios del siglo XVI se crearon en España importantes instituciones que sirvieron de modelo a otros países de nuestro entorno. El mejor ejemplo es la Casa de la Contratación de Sevilla, fundada en 1503 con el fin de controlar el tráfico y el comercio con América, donde se instruían y examinaban los pilotos de la carrera de Indias y se perfeccionaba la cartografía.

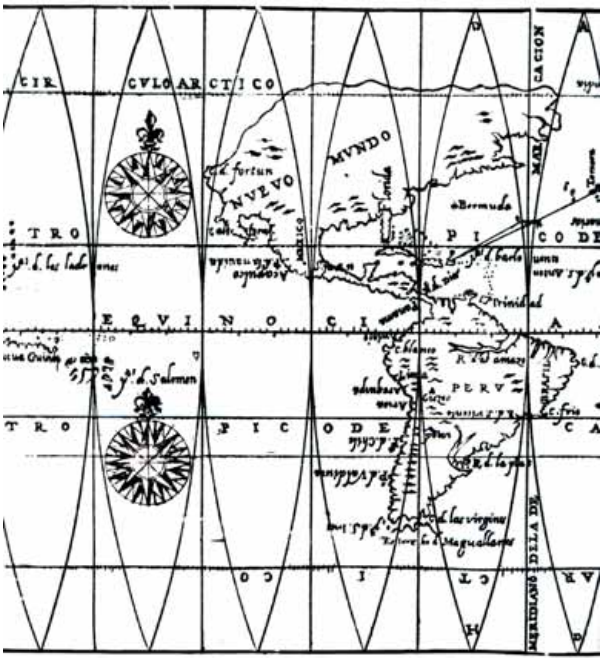
Varios de los *Tratados del Arte de Navegar* y los *Regimientos de navegación* —textos estos más breves y de carácter eminentemente práctico que llevaban los pilotos en sus viajes— escritos por españoles fueron traducidos a las principales lenguas europeas; así, los textos de Pedro de Medina, Martín Cortés o Rodrigo Zamorano, alcanzaron una enorme difusión. Como acertadamente se ha dicho: «Europa aprendió a navegar en textos españoles».

Los instrumentos y las cartas de navegación se perfeccionaron, y los monarcas españoles ofrecieron importantes premios a quienes fueran capaces de resolver los

[31] Fernández Navarrete, *op. cit.,* 1852, pp. 170-171.



14.6. Carta náutica «plana» *impresa en* Breve Compendio de la Sphera y de la Arte de Navegar *(Sevilla, 1551), de Martín Cortés, natural de Bujaraloz (Zaragoza).*



14.7. El Nuevo Mundo. *Detalle del mapamundi, con la línea de demarcación, impreso en la* Instrucción náutica *de Diego García de Palacio (México, 1587).*

problemas planteados, como la determinación de la longitud, e idearan mejores instrumentos que aseguraran las navegaciones. Por otro lado, se construyeron naves fuertes y marineras. Todo el esfuerzo era poco, tal como advierte Juan de Herrera a Felipe II:

> pues es en beneficio universal, considerando que por cualquier error en las dichas cartas se pierde cantidad de haciendas, bajeles y personas, por cuya razón no se debe reparar en el gasto.

El arte de navegar en el siglo XVI fue una etapa preparatoria de la náutica moderna, en la que la navegación comenzó a apoyarse en conocimientos científicos y a disponer de sus primeros instrumentos precisos. Después de la crisis del siglo XVII, el paso del «arte» de navegar a la «ciencia» de la navegación no se produciría hasta mediados del siglo XVIII, con la obra de Jorge Juan. Su *Compendio de Navegación,* manual imprescindible en todas y cada una de las escuelas de náutica que abrirían sus puertas durante la Ilustración, y que en su reedición de 1790 incluía los nuevos métodos de determinación de la longitud, marca el cambio a una navegación más científica y la renovación de los estudios náuticos.

Bibliografía

ACOSTA, A., A. GONZÁLEZ y E. VILLA (coord.): *La casa de la contratación y la navegación entre España y las Indias,* Sevilla, Universidad de Sevilla-CSIC, 2003.

ALBUQUERQUE, Luís: *Historia de la navegación portuguesa*, Madrid, Mapfre, 1991.

— F. CONTENTE DOMINGUES y otros: *Dicionário de história dos Descobrimentos portugueses*, 2 vols., Lisboa, Círculo de Leitores, 1994.

CUESTA DOMINGO, Mariano: *La obra cosmográfica y náutica de Pedro de Medina*, Madrid, BCH/Banca Corporativa, 1998.

FERNÁNDEZ DURO, Cesáreo: *Disquisiciones náuticas*, 6 vols., Madrid, 1880. Reed. por el Instituto de Historia y Cultura Naval, Ministerio de Defensa, Madrid, 1996.

FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, Francisco: *Astronomía y navegación en España, siglos XVI al XVIII,* Madrid, Mapfre, 1992.

FERNÁNDEZ NAVARRETE, Martín: *Colección de Documentos y Manuscriptos compilados por,* Museo Naval de Madrid-Kraus-Thomson, 1971.

— *Colección de los viajes y descubrimientos que hicieron por mar los españoles desde fines del siglo XV*, 5 vols., Madrid, Real Academia de la Historia, 1829-1859.

— *Historia de la náutica, y de las ciencias matemáticas*, Madrid, Real Academia de la Historia, 1846.

GARCÍA FRANCO, Salvador: *Historia del arte y ciencia de navegar. Desenvolvimiento histórico de los cuatro términos de la navegación*, 2 vols., Madrid, Instituto Histórico de la Marina, 1947.

González Aller, J. I. (comp.): *Obras Clásicas de Náutica y Navegación*, CD-ROM, Madrid, Colección Clásicos Tavera, Digibis, 1998.

Goodman, David: *El poderío naval español. Historia de la armada española del siglo XVII*, Barcelona, Península, 2001.

López Piñero, José María: *El arte de navegar en la España del Renacimiento*, Barcelona, Labor, 1979.

Mancho Duque, M.ª Jesús (dir.): *La ciencia y la técnica en la época de Cervantes: textos e imágenes*, Ediciones Universidad de Salamanca en CD, 2005.

Pulido Rubio, José: *El Piloto mayor de la Casa de la Contratación de Sevilla. Pilotos mayores, catedráticos de cosmografía y cosmógrafos,* Sevilla, CSIC, 1950.

Sellés, Manuel: *Instrumentos de navegación. Del Mediterráneo al Pacífico,* Madrid, Museo Naval, 1994.

Vicente Maroto, M.ª Isabel: «Alonso de Santa Cruz y el oficio de Cosmógrafo Mayor del Consejo de Indias», en *Mare Liberum*, n.º 10, Comissão Nacional para as Conmemorações dos Descobrimentos Portugueses, Lisboa, 1995.

— «El Arte de navegar», en E. Martínez Ruiz (dir.), *Felipe II, la Ciencia y la Técnica*, Madrid, Ed. Actas, 1999, pp. 343-368.

— «El Arte de navegar», en J. M. López Piñero (dir.), *Historia de la ciencia y de la técnica en la Corona de Castilla*, 4 vols., Valladolid, Junta de Castilla y León, vol. III, pp. 346-381.

— y Mariano Esteban Piñeiro: *Aspectos de la ciencia aplicada en la España del Siglo de Oro,* Valladolid, Junta de Castilla y León, 1991; 2.ª ed., 2006.

VV. AA.: *Obras españolas de náutica relacionadas con la Casa de la Contratación de Sevilla,* Madrid, Museo Naval, 1992.

15
La construcción naval

M.ª Isabel Vicente Maroto
Universidad de Valladolid

> Para el Arte de la navegación, los más necesarios instrumentos son los navíos, sin los cuales no se puede ejecutar este arte.
>
> Fernando Oliveira: *Livro da Fabrica das naus*, h. 1580

La construcción de navíos estuvo siempre en manos de carpinteros de ribera, que aprendían el oficio trabajando al lado de un experto, generalmente transmitido de padres a hijos, guardando siempre el secreto sobre las técnicas practicadas. Pero el descubrimiento del Nuevo Continente creó la necesidad de mejorar las naves para la difícil travesía atlántica, estimulando el perfeccionamiento de la construcción naval. La técnica española, junto a la de los portugueses, llegó a ser la más avanzada de Europa. Desde los Reyes Católicos, la Corona española emprendió una política sistemática de construcción naval, promocionada de una manera rotunda por Felipe II —en palabras de Casado Soto[1]— «como instrumento estratégico de primera magnitud, para tratar de sostener un imperio que se expandía por todo el Globo, controlando las rutas oceánicas mediante los más idóneos barcos, dotados de una buena artillería».

Sevilla fue el centro neurálgico de la administración de las Indias y de todos los asuntos marítimos en general; en el momento de su mayor esplendor, a mediados del siglo XVI, la ciudad llegó a tener 140.000 habitantes, población solo superada entonces por París y Londres. Pero el desarrollo de la marina de Castilla se sustentó, en buena parte, en la pericia y artes marineras de los pueblos de la cornisa cantábrica. Durante el primer siglo del descubrimiento de América, la mayor parte de los buques que llegaron a América y al Pacífico fueron barcos españoles construidos en tres provincias del norte peninsular, en los astilleros de Guipúzcoa, Vizcaya y Cantabria, aunque también se estimularon y protegieron por parte de la Corona las actividades marítimas de otras regiones. La protección a los astilleros y puertos vasco-cántabros y su floreciente comercio, industrias férreas y artesanía de jarcias y aparejos, se acentuó durante el

---

[1] J. L. CASADO SOTO: *Los barcos españoles del siglo XVI y la Gran Armada de 1588,* 1988.

reinado de Carlos I, llegando al extremo de que, a pesar del centralismo de Sevilla, el monarca dispuso en 1534 que no se permitiera ir a las Indias a ningún navío fabricado en las costas de Sevilla, Sanlúcar, Cádiz, Puerto de Santa María, condado de Niebla, marquesado de Gibraleón y Ayamonte, de cuyos lugares solo se permitirían barcos pequeños, pataches, galeras y embarcaciones menores auxiliares, que fueran de aviso; las naos y galeones habían de ser construidas en el norte de España, aunque las protestas de las restantes regiones hicieron que esta disposición fuese escasamente cumplida y durase poco tiempo. Y en Cataluña trabajaron también algunos excelentes constructores, así como en los astilleros de las colonias americanas.

Señala José M.ª Martínez Hidalgo[2] que el poderío marítimo siguió el rumbo de la civilización, o la civilización el del poderío marítimo, marchando hacia el Oeste, de Fenicia a Cartago y de Grecia a Roma, y que todos esos pueblos declinaron, como Bizancio, en cuanto surgieron otros con flotas más potentes y de superior dominio de la técnica de la construcción naval.

I

Los navíos ibéricos

> La fábrica tenida en común por mejor, y la que yo por tal estimo, es la que se hace en las provincias de Viscaya, y la que se haze en Portugal, la qual aún quieren sus naturales que sea sin competencia.
>
> Tomé Cano: *Arte para fabricar, fortificar y aparejar naos*, 1611

Uno de los factores más influyentes en la realización de las grandes navegaciones de la Edad Moderna fue la mejora de las embarcaciones, tanto en lo relacionado con su maniobrabilidad como en la resistencia de sus estructuras.

El océano Atlántico y el mar Mediterráneo constituyen dos áreas marítimas bastante diferentes, sobre todo en lo que se refiere a características geográficas, hidrográficas y meteorológicas. Las peculiaridades de la navegación oceánica, propia de las costas atlánticas, hicieron preferir a los marinos de los puertos de esta vertiente costera de la Península Ibérica el uso de barcos de vela. Por el contrario, en el mar Mediterráneo se utilizaron las galeras y galeazas, barcos tradicionalmente usados en esas aguas y caracterizados por disponer de propulsión a remos.

I.1. *Navíos de vela y de remo*

La tradicional división de los navíos en embarcaciones de vela y de remo es suficientemente operativa cuando se trata de ver cuáles eran las principales diferencias

[2] J. M. Martínez Hidalgo: *Las naves del descubrimiento y sus hombres,* 1992.

15.1. Navíos latinos, con las características velas triangulares *(Juan Escalante de Mendoza:* Itinerario de Navegación de los mares y tierras occidentales*, h. 1575; manuscrito del Museo Naval de Madrid).*

estructurales entre ambos[3], y su distinción funcional, que en buena parte depende de las soluciones técnicas adoptadas según las exigencias específicas del modo de propulsión: en un caso la energía eólica, en el otro la fuerza humana.

En términos muy genéricos, el navío de vela es más panzudo y dispone de un mayor espacio para mercaderías, ya que el número de tripulantes y sus exigencias de abastecimiento no ocupan más que una pequeña parte del espacio disponible. La elevada superficie de vela asegura una eficiencia adecuada con viento predominante por la popa. Por tanto es, en esencia, un navío mercante. El de propulsión a remos es, al contrario que el anterior, de bajo bordo, ya que ha de estar lo suficientemente próximo a la línea de agua para poder ser movido por los remos, que constituyen su principal fuerza impulsora. Dispone normalmente de velas, tal como los navíos de vela (redondos) más pequeños pueden disponer de remos, pero solamente como medios auxiliares de

[3] F. Contente Domingues: *Os navios do mar Océano. Teoria e empiria na arquitectura naval dos séculos xvi y xvii*, Centro de História da Universidade de Lisboa, 2004. Es un trabajo excelente, por su rigor metodológico, sobre la construcción de navíos portugueses.

propulsión. Lo que prevalece en el navío de remos es la agilidad de maniobra, la función automotora que lo hace independiente del régimen de los vientos. Pero para ello es necesaria la presencia a bordo de un gran número de remeros, en relación al tonelaje, dejando muy poco espacio libre para transportar las mercancías y el alimento de la tripulación y de la chusma. Los navíos de remos son, desde la Antigüedad, navíos de guerra por excelencia, por su obvia inutilidad como navíos de transporte en larga escala, utilizables preferentemente en mares cerrados o junto a la costa, dada tanto su falta de autonomía como su configuración morfológica, lo opuesto a los de vela.

Pero aunque esta simplificación omite múltiples situaciones particulares —navíos redondos preparados para la guerra, como surgen en la época que tratamos, o galeones dedicados al comercio— tiene ventajas cuando se trata de destacar lo esencial. Además, tanto en España como en Portugal existían muchas embarcaciones auxiliares, englobando un gran número de soporte a los grandes navíos. A su lado cumplían múltiples funciones, desempeñando misiones de toda índole, pero tienden a ocultarse por la sombra proyectada por los imponentes navíos de comercio y de guerra que aseguraban las rutas interoceánicas y figuraban en la primera línea de batalla. La división, pues, en tres tipos de embarcaciones, de vela, de remo y auxiliares, se impone para una consideración sencilla de los navíos ibéricos.

I.2. *Los navíos mediterráneos*

En aguas del Mediterráneo han convivido hasta hace muy poco navíos de vela y de remos. En la Edad Media y atendiendo al buque principal, al de tráfico de altura y gran cabotaje, se fueron sustituyendo las naves latinas del comercio veneciano, genovés, francés, catalán y castellano por las *naos* de aparejo redondo (en realidad, velas con formato trapezoidal, ganando aquella designación por el aspecto que toman cuando son henchidas por el viento), primero de un solo palo, después de dos con igual número de velas, una mayor, cuadra, y una mesana, latina; en cuanto a las embarcaciones menores, de cabotaje o pesca, la relación sería muy extensa, con variantes regionales y nombres muy diversos para tipos semejantes. Incluso la terminología es muy confusa, de modo que *coca, nao* y *carraca* se refieren a un mismo tipo[4]. En la época del descubrimiento de América solo convivían en el tráfico comercial la *nao* con la *carraca,* diferenciándose en el tamaño: la nao podía ser de 100 a 300 toneladas[5], y la carraca superar las 1000, hasta que también desaparece el nombre de *carraca* y queda solo el de *nao,* con un palo central muchísimo mayor que los otros dos; el mayor sería el de verdadera impulsión, el de carga y desempeño, y el trinque-

[4] J. M. Martínez Hidalgo, *op. cit.,* 1992.

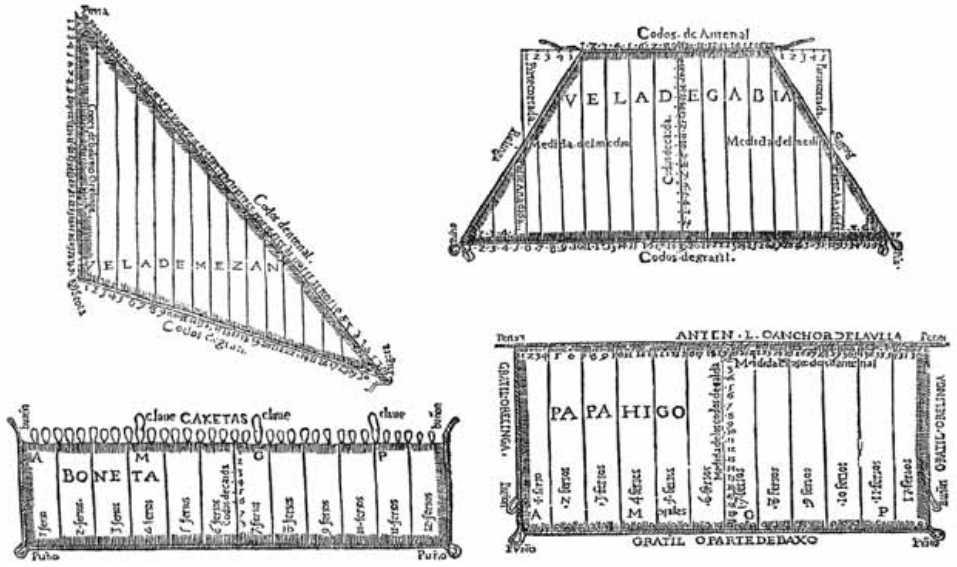
[5] El tonel o tonelada era unidad de medida de arqueo, puesto que lo que entonces podían medir era el volumen de carga útil que cabía en el cuerpo del navío, y no unidad de medida del desplazamiento de la embarcación, es decir, de su peso, como erróneamente han interpretado algunos estudiosos. J. L. Casado Soto, *op. cit.,* 1988.

te y mesana supondrían velas de maniobra principalmente. Esta nao de tres palos y velas cuadras sería de maniobra mucho más fácil que las antiguas de velas latinas, muy difíciles y peligrosas, sobre todo en las viradas; finalmente, como buque de carga pasará a ser llamado *nave.*

La galera mediterránea, *nave longa,* baja y estrecha, para la acción de los remos y posibilitar una elevada velocidad, debía el calificativo a su mucha eslora, o longitud, respecto a la manga, anchura, en proporción variable de 4 ó 5 a 1 y de 9 a 1; al contrario que en las naves redondas, en ellas el elemento auxiliar era la vela. Se utilizaban para la guerra y el transporte de pasajeros y mercancías de poco peso y volumen, pero de gran valor. Su facultad de movimientos con independencia del viento hizo de la nave longa o galera el buque de guerra por excelencia hasta los tiempos de Lepanto, en el Mediterráneo, donde llegaría hasta la segunda mitad del siglo XVIII[6]. En

15.2. Pedro de Medina*: Regimiento de navegación *(Sevilla, 1561): *(1) Portada del texto con una nao atlántica que lleva las armas del emperador; (2) Diferentes tipos de navíos: galera, carraca, nao, carabela y otros menores.*

6 La longevidad de la galera llega hasta el siglo XX. Francia desarmó su último navío de remos en 1814, Génova en 1830, pero en Estambul se mantuvo, de forma que la última galera de guerra del Mediterráneo llegó hasta 1929. F. CONTENTE DOMINGUES, 2004, p. 270.



15.3. El velamen; primeros patrones impresos: *Mezana [sic] (triangular, en el mástil más a popa en un buque de tres palos, se enverga en un cangrejo), gabia [sic] (trapezoidal, va en el mastelero mayor), boneta (rectangular, paño adicional a una gavia o papahígo, para aumentar su superficie) y papahígo (rectangular, es vela mayor, exceptuada la mesana) (Diego García de Palacio:* Instrucción náutica para el buen uso, y regimiento de las naos, su traça y gobierno*, Méjico, 1587).*

el siglo XV y gran parte del XVI, las galeras arbolaban un solo palo con vela latina. Poco antes de Lepanto, según se deduce de algunos grabados de la época, apareció en ciertos casos un tímido trinquete, y el mayor se traslada al centro; los dos palos se generalizaron en el siglo XVII.

A las órdenes de un capitán, la dotación de las galeras en el siglo XVI se dividía entre gente de cabo, que comprendía la gente de guerra y la gente de mar, y gente de remo o chusma, compuesta por voluntarios o buenasboyas, forzados (condenados por sentencia judicial, temporal o a perpetuidad) y esclavos. El cometido de la chusma durante la navegación era bogar si se iba a remo, y mudar la entena si se iba a vela.

Otras embarcaciones más pequeñas del tipo de las galeras, tales como *galeotas, fustas* y *bergantines,* en orden decreciente de tamaño y número de bancos de remos, se utilizaban (también por los portugueses en Oriente y el norte de África) fundamentalmente como auxiliares y para misiones de reconocimiento y aviso, por su movilidad, rapidez y pequeño calado.

La *galeaza* era una galera grande, empleada como mercante en grandes viajes a partir de la primera mitad del siglo XVI, pero sobre todo para combates; marcaría el tránsito de la galera al galeón y al navío, aunque no por evolución. De más alto bordo que las galeras, tuvo su origen en Venecia, al remontar con una cubierta a sus

15.4. Galeaza y galeones: *(1) Galeaza (provista de remos, lleva una gran plataforma en popa); (2) galeón con cuatro puentes artilleros, en primer plano, y otros galeones y carracas; (3) Galeón capitana de la armada de Álvaro de Bazán (las tres primeras imágenes son detalles del fresco de Niccola Granello,* La toma de la Tercera*, 1583; Sala de las Batallas, El Escorial, h. 1586); (4) Galeón capitana de la armada del almirante Hoces, 1634 (Archivo-museo del Viso del Marqués, Ciudad Real).*

galeras mercantes y armarlas después con un buen número de cañones; resultaban muy pesadas y se movían con lentitud, a pesar de emplear cinco o seis hombres en cada remo.

I.3. *Los navíos oceánicos*

La navegación transoceánica dio lugar a la aparición de nuevos tipos de navíos. Con el regreso de Bartolomeu Dias a Lisboa, en diciembre de 1488, llegó la garantía de la existencia de un pasaje marítimo del Atlántico hacia el Índico, pero también la certeza de la insuficiencia de los medios técnicos empleados hasta entonces. La carabela latina de dos palos llegaba al límite final de su utilidad en cuanto navío oceánico

de exploración. Para ir más lejos se requerían otros medios, navíos más grandes, y algunos viajes debieron ser interrumpidos por falta de abastecimiento en general, y de agua potable en particular[7]. Según la descripción de João de Barros, Bartolomeu Dias viajó con dos carabelas latinas y un navío de abastecimiento, que más adelante fue designado como *nao,* y que significaba navío grande, redondo (es decir, con velas redondas), por contraposición a la carabela, de velamen latino y bajo bordo.

La carabela surgió ligada a los viajes de descubrimiento en los inicios de la década de 1440, precisamente por ser un navío mayor que las barcas de las décadas anteriores. Las características que se le reconocen son exactas: navío ligero, casco afilado, buen velero, con velas latinas que facilitaban la navegación a bolina, y también al avance «contra el viento»; es decir, una embarcación ideal para singlar por mares desconocidos y hacer reconocimientos costeros. No obstante, la carabela latina aparece en los Descubrimientos portugueses[8] por ser un navío de mayor porte del utilizado hasta entonces, representando así un salto cualitativo apreciable, pudiendo incluso llevar mayor número de tripulantes. Pero entre 1487-1488, con la expedición de Bartolomeu Dias, quedó patente la falta de autonomía de la carabela latina para viajes de larga distancia. Se cree que estas limitaciones se debían a dos factores: falta de robustez para enfrentar largos viajes y mares difíciles; y falta de capacidad de carga para embarcar los víveres y bastimentos que permitiesen a las tripulaciones enfrentarse a largos períodos de permanencia lejos de la línea de la costa, o la travesía de lugares inhóspitos sin la certeza de encontrar agua potable. Al crecer la perspectiva de transporte de mercancías voluminosas, la carabela latina estaba definitivamente condenada para las travesías transoceánicas.

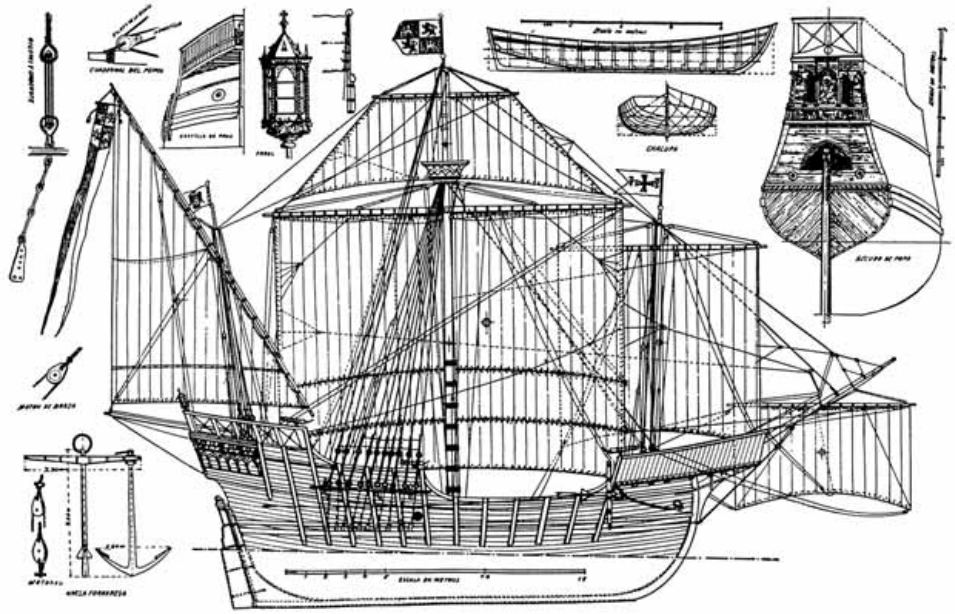
Se volvió un imperativo el uso de navíos de alto bordo, capaces de traspasar las limitaciones de las pequeñas carabelas latinas. Pero existía una imprecisión en las denominaciones, y con tipologías híbridas; es decir, no se les reconocían características perfectamente identificables con un tipo específico de navío, lo que podría haber llevado a algunos observadores a utilizar diferentes denominaciones para un mismo barco. Y la ausencia de documentos técnicos, a la par que las dificultades inherentes al cálculo correcto de los arqueamientos, hacen muy difícil una clasificación exacta de los diferentes tipos de embarcaciones utilizados en los viajes transoceánicos. Es habitual hablar de las tres carabelas que llevó Colón en su primer viaje, pero lo cierto es que la *Santa María* era una nao y solo la *Pinta* y la *Niña* eran carabelas. La Armada de Pedro Alvares Cabral, que en 1500 descubrió «oficialmente» Brasil, es hoy razonablemente bien conocida, después de algunas polémicas[9]; la tipología de los navíos de Vasco de Gama era híbrida: su armada de 1502 constaba de

---

[7] Jorge Semedo de Matos: «A Marinha Joanina. A passagem do Cabo da Boa Esperança», *Revista da Armada*, n.º 32, año x, julio, 1999.

[8] F. Contente Domingues, 2004, cap. ii: «Navíos e embarcaçoes auxiliares».

[9] Luís Adão da Fonseca: *Pedro Alvares Cabral. Uma viagem,* Lisboa, Inapa, 1999.



15.5. Reconstrucción de la nao* Santa María *(1892). *Fue realizada con motivo del cuarto centenario del descubrimiento de América, como base para su realización física. Junto con las carabelas* Niña *y* Pinta*, formaron la flota que llevó Colón en su viaje de 1492. En el velamen se puede apreciar la mesana, gavia, boneta (trapezoidal), papahígo... El castillo de popa no es tan elevado como lo fueron después los de los galeones especialmente pertrechados para la guerra.*

nueve o diez navíos redondos principales, naos, y tres o cuatro navíos más pequeños, incluyendo carabelas[10].

Con la navegación transatlántica surge el galeón de guerra y mercante. La clasificación de los variados tipos de naves oceánicas del siglo XVI no es fácil[11]. Así, Fernando Oliveira, autor del primer tratado portugués sobre construcción de navíos, el *Libro da Fabrica das naus* (h. 1580), advierte:

> Los nombres de las especies, o maneras de los navíos, y barcos, así de un género como de otro, son casi incomprensibles: así por ser muchos, como por la mucha mudanza que hacen de tiempo en tiempo, y de tierra en tierra.

[10] En 1497 Vasco de Gama en su viaje hacia la India dobló el cabo de Buena Esperanza. Su flota estaba formada por un navío de transporte, por la carabela Bérrio y por las naos San Gabriel y San Rafael, y una tripulación de entre 150 y 170 hombres, de los cuales solo cerca de un tercio regresó. En abril de 1502 partió de nuevo para la India al mando de una gran armada, afirmando definitivamente la presencia portuguesa en Asia, existiendo desde entonces una escuadra de vigilancia en el mar de la India. A finales de 1503, Vasco de Gama llegaría a Lisboa con las naos cargadas y sin pérdidas. CONTENTE DOMINGUES, 2004.

[11] J. L. RUBIO SERRANO: *Arquitectura de las naos y galeones de las flotas de Indias,* 1991.

En principio, *nao* (del griego *naus,* 'nave') es aplicable a toda clase de embarcaciones consistentes en un vaso, casco hueco o buque, protegido o no por una cubierta. Más adelante, este se aplica a un determinado tipo de embarcación.

Las *naos cantábricas* fueron el tipo de buque más utilizado durante el siglo XVI en España. Como se ha señalado, factores tan diversos como la navegación oceánica, las necesidades militares o el desarrollo de los intercambios comerciales incidieron en su constante evolución a partir del inicio de los descubrimientos geográficos[12]. Esta evolución dio lugar a la transición desde las naos de corto puntal y una sola cubierta a las más voluminosas de dos cubiertas, construidas a lo largo de la segunda parte de la centuria.

La *nao* podría ser definida como embarcación de vela grande, utilizada indistintamente para carga o para guerra, con un porte comprendido entre 100 y 600 toneles, con tres mástiles además del bauprés, aparejados de velas cuadras, paño redondo, en el mayor y en el trinquete, y vela latina en el palo de mesana. La importancia de la arboladura y de las velas fue creciendo a medida que los barcos se aventuraban en la navegación de altura. La nao, por tanto, es un tipo de embarcación de alto bordo, con castillo de proa y altas estructuras de popa llamadas *alcázar* o *tolda.* Construida principalmente para la navegación de altura y con propulsión exclusivamente a vela, reunían las condiciones de buena maniobrabilidad y navegación oceánica, con la capacidad de carga para efectuar el transporte de mercancías.

La elevación de los castillos de proa y popa se hizo por razones militares, y también para conseguir alojamientos: el de proa podría emplearse para pasajeros de segunda clase, y el de popa para personas de distinción. El tonelaje de las naos ibéricas fue creciendo a medida que avanzaba el siglo XVI. Aunque, desde luego, los arqueamientos en la práctica no eran exactos, las sucesivas reglamentaciones pretendían un equilibrio óptimo entre las capacidades de carga y la marinería de los navíos, pero no evitaría su crecimiento puro y simple, pues con el cálculo del arqueo no se impedía que simplemente el armador aumentase los castillos para hacer subir el volumen de la nao, sobre todo si fabricaba por asiento[13].

Esa tendencia del crecimiento era visible y empezaba a ser desaconsejable. Hubo voces en defensa de que las naos debían ser bastante grandes, y en Portugal se debatió si las naos de la India habrían de ser de 800 toneles, con tres o cuatro cubiertas, sin existir relación entre su número y su tonelaje. Pero el cosmógrafo João Baptista Lavanha (Lisboa, 1555-Madrid, 1624), castellanizado Lavaña o Labaña, primer profesor de la Academia Real Matemática de Madrid, creada por Felipe II en 1582

12 F. Fernández González: *Astronomía y navegación en España, siglos XVI al XVIII,* 1992.

13 La Corona utilizaba dos formas de fabricar los navíos, directamente o por asiento, mediante un contrato con un armador particular que fijaba las condiciones; la cantidad que pagaría el rey se estipulaba por tonelada, pero en numerosas ocasiones estos asientos arruinaron a los constructores, pues cobraban tarde, debiendo adelantar el dinero, con unos costes cada vez más altos.

a instancia de Juan de Herrera[14], defendía una opinión contraria. Agustín de Ojeda, un prolífico constructor de navíos al servicio de la Corona en los astilleros vascos, y Pedro López de Soto desde Lisboa, defendieron en la última década del quinientos que los navíos debían ser rasos, sin castillos, más ligeros y veloces[15]. Así, mientras que en el siglo XVI se propugnaba para la fortaleza de las naos que cuanto mayores fuesen serían mejores, sugiriendo hasta 800 o 1000 toneles, a finales de la centuria se fue considerando un factor importante en la pérdida de un número creciente de navíos su excesivo tamaño, que las hacía perder cualidades marineras y las volvía más difíciles de maniobrar, lo que se evidenciaba aún más cuando se enfrentaban militarmente con navíos ingleses y holandeses, de menor tonelaje y más ágiles.

El aumento del número de cubiertas se reflejaba en un aumento de peso, y en consecuencia de calado, sin repercutir directamente en la volumetría del navío. Las dificultades que los navíos pudiesen sentir o no para entrar en determinados puertos o barras podían tener graves consecuencias desde dos puntos de vista, el de la seguridad y el financiero, y las polémicas reflejaban ambas cuestiones. Las ordenanzas españolas de 1618 estipulaban la dimensión máxima de los navíos de la carrera de Indias en función del acceso a los puertos a los que llegaban:

> Los navíos que fuere necesario fabricar por quenta de nuestra Real Hazienda, y a los que fabricaren para de merchante los particulares para las Flotas, han de ser de diez y ocho codos de manga abaxo, sin exceder de aquí arriba en nada, ni faltarles en lo que toca a las medidas, traza y fortificaciones referidas, y no mayores, por los grandes daños que resultan de que sean grandes [...] y en las entradas, y salidas de las Barras corren más peligro [...][16].

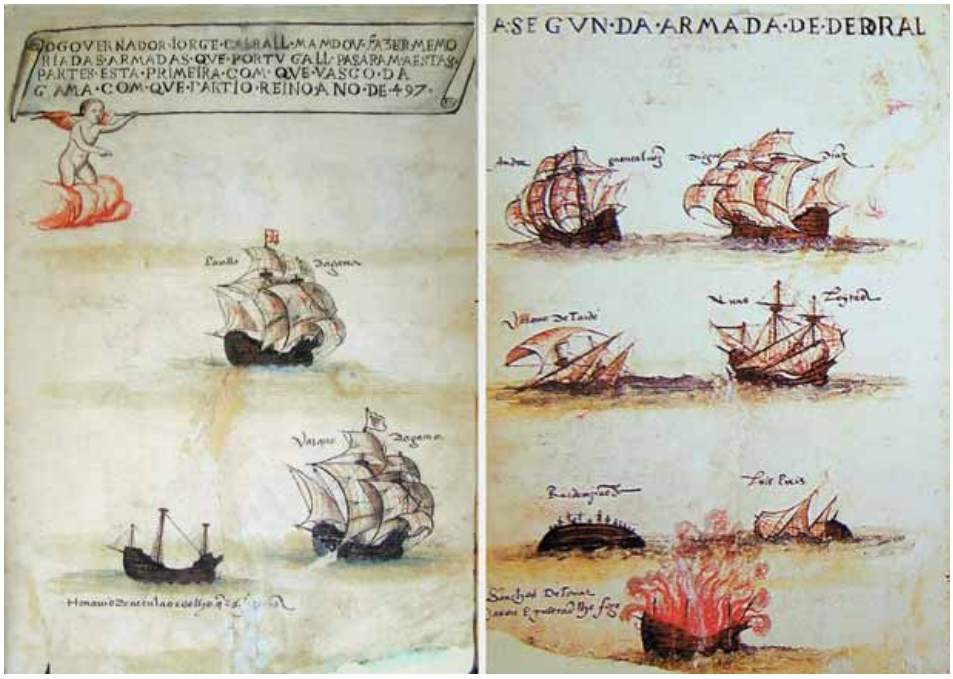
En resumen, una *nao* puede caracterizarse como un navío redondo, de alto bordo, tres o cuatro cubiertas, castillos de popa de tres pisos y proa de dos, cuya arquitectura se integra perfectamente en el casco; arbolaba tres mástiles, el grande y el trinquete con paño redondo, y el de la mesana con paño latino. Era un navío de carga por excelencia, destinado a recorrer largas distancias en rutas conocidas, pero iba armado con piezas de artillería de gran calibre. El término tiene también un significado plural, ya que tiende a designar a los navíos de vela de gran porte.

---

[14] La actividad desarrollada por Lavanha al servicio de los monarcas españoles está estudiada en M.ª I. VICENTE MAROTO y M. ESTEBAN PIÑEIRO, 1991, caps. III y IV, pp. 69-177, que tratan sobre la Academia de Matemáticas de Madrid.

[15] Agustín de Ojeda y Pedro López de Soto, expertos constructores, fabricaron navíos de medidas semejantes hacia 1595, el primero por cuenta de la Corona en los astilleros del Cantábrico, y el segundo por asiento en Lisboa. M.ª I. VICENTE MAROTO: «Agustín de Ojeda y la construcción de navíos a finales del siglo XVI», 2006, pp. 311-344.

[16] RUBIO SERRANO, 1991, reproduce en un anexo el título veintiocho de las ordenanzas de 1618, «De los fabricadores y Calafates, fábricas, y aderezo de los navíos y su arqueamiento», tomada de la Recopilación de las Leyes de Indias hecha por Julián Paredes en 1681.



15.6. Carabelas y naos portuguesas: *(1) Flota con la que Vasco de Gama dobló el cabo de Buena Esperanza en 1497: la carabela Bérrio (abajo), y las naos San Gabriel y San Rafael; (2) Segunda Armada de Pedro Alvares Cabral. (*Livro de Lisuarte de Abreu*, h. 1558-1564; Ms. de la Perpont Morgan Library, NY, EE.UU., ed. facs. por la Comissão Nacional para as Comemorações dos Descobrimentos Portugueses, Lisboa, 1992).*

Las *carabelas* portuguesas y andaluzas, surgidas como pesqueros, eran embarcaciones más pequeñas que las naos. El término *carabela* se recoge por primera vez en la documentación portuguesa en 1255, encontrándose todavía en 1754 en una obra impresa, y en 1766 en un manuscrito[17]. Por tanto, se comprende fácilmente que encubre referencias a múltiples embarcaciones, desde la pequeña carabela latina de un mástil, hasta la carabela redonda o de armada, pasando por la carabela latina de dos mástiles, que protagonizó viajes de exploración atlántica desde cerca de 1440 hasta finales del siglo XV, sin dejar después de continuar siendo utilizada en circunstancias muy variadas. Para los viajes oceánicos las carabelas aparejaban a veces velas cuadras en el mayor o trinquete, llamándose entonces *carabelas redondas.* Estas eran las más usuales en Andalucía. El porte de las carabelas no pasa de unos 150-160 toneles.

17 E. Lopes de Mendonça: *Estudos sobre navios portugueses dos séculos XV e XVI*, reed., Lisboa, Ministerio de Marina, 1971.

La *carabela redonda* es el nombre moderno que aparece en la historiografía, por la misma razón que se llaman *redondos* navíos como la nao o el galeón: por armar «paño redondo». *Carabelas armadas* o *de armada* son designaciones de la época, que indican de inmediato su funcionalidad, como sucede con varios tipos de embarcaciones, que pueden ejemplificarse como las carabelas pescaderas o de aviso. En estos casos, las funciones a que son destinadas determinan la forma de nombrar la embarcación, sin ninguna referencia a sus características morfológicas. *Carabela de armada* significa que se destinaba a la navegación en armada o al servicio de armadas. Las carabelas *redondas* y las *latinas* son tipos de navíos muy bien diferenciados, encontrando en el nombre genérico el mayor hilo de ligazón entre ambos, aunque no existe ninguna información técnica sobre las carabelas latinas, ya que los documentos y planos estudiados se refieren a las redondas. La carabela redonda poseía castillos de popa y proa, al contrario de la latina, que no podía tener ninguna estructura erguida sobre la proa del navío. La redonda está más próxima a las naos y galeones que su congénere latina. El vaso o casco de las carabelas era más alargado con relación a la manga que el de las naos, y tenían una sola cubierta sobre la que llevaban una pequeña cámara o popa.

Las carabelas eran, pues, más veloces y marineras que las naos, por lo que eran preferidas para los viajes de exploración y descubrimientos. Las naos, más lentas pero con mayor capacidad de carga (más porte), eran preferibles para el transporte de mercancías y también para la guerra, por poder soportar piezas de artillería más pesadas sobre sus cubiertas.

El *galeón* fue un tipo de nave genuinamente ibérica, al menos en su evolución y desarrollo. Nace a principios del siglo XVI como respuesta de la inventiva de los constructores peninsulares a las necesidades de mejores naves, especialmente de guerra y para los viajes de la carrera de Indias. Su definición se puede enunciar como un navío redondo de alto bordo, del tipo de la nao, pero con algunas características diferentes que indican haber sido ideado específicamente para la guerra en alta mar. Las líneas del casco eran más afiladas, algo más largo en relación a la manga que en las naos, y el bordo más bajo, tal como los castillos de popa y proa, lo que le confería mayores capacidades marineras, reforzadas por un aparejo compuesto por cuatro mástiles, los de delante (grande y trinquete) con paño redondo, y los de atrás (mesana y contramesana) con paño latino, aparejo este que se distinguía del de la nao por el acrecentamiento del mástil de la contramesana, junto a popa. Estas características le garantizaban una superior capacidad de maniobra, fundamental para la guerra naval, y las líneas del casco con pequeña elevación de las superestructuras le volvían peor blanco para la artillería enemiga, en comparación con un navío redondo típico.

Pero se han de recordar las dudas relativas a la terminología de las embarcaciones, como se puede constatar en la documentación existente, que nos revelan a cada paso que embarcaciones similares son denominadas de forma diferente. La más frecuente a este respecto es la del binomio *nao-galeón,* términos aplicados a los mismos

15.7. Buques armados con cuatro niveles de artillería: *(1) Nao* Santa Catarina do Monte Sinaí *(óleo atribuido a Cornelius Anthoniszoom, segunda década del siglo XVI, Museo de Marinha, Lisboa); (2) Naos-galeones en primer plano (tapiz perteneciente a la serie sobre* La Conquista de Túnez por el emperador Carlos V*, encargada en 1548 y realizada en oro, plata, seda y lana por el bruselense Guillermo de Pannemaker, a partir de los cartones del pintor Jan Cornelisz Vermeyen, Patrimonio Nacional; en la esquina inferior se efigia al emperador remando solo en una barca para significar su presencia en la batalla).*

navíos en los mismos documentos, sugiriendo que la distinción no era clara[18]. Por otro lado, parece lógico pensar que una especialización funcional efectiva debía reflejarse en el armamento; es decir, se esperaría que los armadores privados armasen navíos de carga (naos) y el Rey navíos de guerra (galeones); no obstante, numerosas investigaciones demuestran que no era diferente la estrategia de los particulares a la de la Corona a la hora de armar los navíos.

En cuanto al aparejo del galeón, no hay especificidad. Hay navíos que arman cuatro mástiles con aparejo mixto (paño redondo en los de delante y latino en los de atrás) en el siglo XV, antes de las primeras referencias a los galeones ibéricos. En consecuencia, el aparejo por sí solo no sirve para identificar el galeón.

Se ha considerado, erróneamente, que el término *galeón* deriva etimológicamente de *galera.* Semejanza de figura existe entre galera y galeaza, pues son dos navíos del mismo tipo; la similitud ente galera y galeón sería funcional, pues el galeón se concibe fundamentalmente para la guerra naval

Hacia mediados del siglo XVI se ensayan perfeccionamientos, tales como los propuestos por don Álvaro de Bazán, el Viejo[19]. De casco algo más largo en relación con la manga que las naos, el galeón tenía, sin embargo, similar capacidad de carga que estas, y su diseño estaba especialmente adaptado para una mayor superficie de cubiertas completas. Generalmente estas eran la cubierta principal o primera, y la llamada «de la puente»[20]. Los galeones grandes —de más de mil toneladas— del siglo XVI podían acondicionar otra cubierta debajo de la principal para instalar una batería baja. Sobre la «de la puente» se situaba el espacio de maniobra de las jarcias y velas, el castillo de proa y el alcázar o tolda. Bajo el castillo de proa iba el fogón donde guisaban los marineros. Este castillo no se situaba tan a proa como en las naos, lo que permitía un manejo más cómodo de las velas del trinquete y bauprés. La cámara de los oficiales se instalaba en el extremo de popa del alcázar o tolda. Desde ella se accedía a una balconada exterior situada en la popa y laterales de esta o aletas. Generalmente, dichas balconadas o corredores exteriores solo se permitían en naves de 300 toneladas. Encima del alcázar de popa había un pequeño camarote para el piloto. Destaquemos que bien avanzado el siglo XV se había generalizado la artillería naval, y los diferentes navíos tuvieron que modificarse para alojarla de la manera más eficaz posible.

---

[18] F. Contente Domingues, 2004.

[19] Los Bazán, asentistas y hombres de mar, se dedicaron a mejorar los navíos desde que Bazán el Viejo comenzó a prestar servicios a Carlos I. Su galeaza atlántica fue un intento de encontrar una nave oceánica de gran capacidad artillera, propulsada preferentemente a vela y accidentalmente a remo en combate. Su hijo Álvaro construyó una fragata capaz de llevar 300 hombres para hacer la guerra de corso, y su otro hijo, Alonso, una galizabra, de formas alargadas como la galera, en un intento de sacar partido de su superior maniobrabilidad respecto de la nao, valiéndose primordialmente de la navegación velera. R. Cerezo Martínez, 1988.

[20] J. L. Rubio Serrano, *op. cit.,* 1991.

Así pues, el típico galeón de las flotas de Indias era una nave de 300 toneladas o más, fuertemente armada. En el lenguaje común se decía *nao* a casi todas las naves de alto bordo que hacían la travesía del Atlántico en viajes generalmente mercantes. Por *galeón* se entendía una clase de nave diseñada especialmente para la guerra, con mejor traza que las comúnmente llamadas *naos* y mejor armadas que estas. No fue un buque de nueva planta ni diferente de los anteriores, sino el resultado de la evolución de naos y carracas. Sus funciones, eran, por un lado, el establecimiento de una fuerza naval para el dominio del mar y, por otro lado, la defensa y protección de las flotas que comunicaban la Península con las Indias[21].

La denominación oficial de *galeón* aparece en las ordenanzas de 1613. Estas ordenanzas clasifican las naves en pataches, de 55 a 95 toneladas; navíos, de 150 a 250 toneladas; galeoncetes, de 316 toneladas; y denominan *galeones* a todas las demás naves, desde 381 a 1105 toneladas (unas 1600 toneladas métricas de arqueo). En las Ordenanzas del año 1618, en las «Reglas para fabricar navíos que se hizieren por cuenta del Rey y particulares», se describen las dimensiones principales de catorce clases de naves, desde nueve codos (el cantábrico, unos 0,575 m) de manga hasta veintidós, y todas las naves, grandes o pequeñas, tienen la denominación genérica de *navíos,* sin diferenciarlas en pataches, galeoncetes y galeones, pero se hace referencia expresa a determinadas condiciones de los galeones, pataches y navíos en cuanto a su fortaleza y a las medidas de sus árboles y vergas. En las ordenanzas del 24 de enero de 1633, que aparecen como recopilación y actualización de las disposiciones de 1587, 1606, 1608, 1613 y 1618, se habla de galeones y navíos de las Armadas, pero se mencionan urcas, carabelas, y otras embarcaciones que podrían embargarse a particulares, si fuera necesario.

Las embarcaciones auxiliares más comunes eran los *pataches,* las *zabras* y las *galizabras*. Eran similares a la carabela redonda por morfología y funcionalidad, pero de menor tamaño. El patache tenía dos cubiertas y pequeños castillos a popa y proa, y no alcanzaba las 100 toneladas. Las referencias a las galizabras, de tamaños muy diferentes, aunque normalmente de 50 toneladas, son frecuentes en la documentación española a finales del siglo XVI.

En el lenguaje común se siguió utilizando la palabra *galeón* durante casi todo el siglo XVII, identificándose progresivamente con los buques conocidos como «galeón de guerra» o «galeón de armada». El término *navío* no designa una tipología específica; en el fondo, se trata de *naos* o embarcaciones semejantes, de pequeño o mediano tonelaje. Es una denominación genérica que se impone en el siglo XVII.

21 FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, *op. cit.,* 1992.

I.4. *Las flotas*

Durante la primera mitad del siglo XVI los ataques de piratas y corsarios, principalmente franceses, fueron en aumento, haciendo cada vez más peligrosos los viajes de las naves españolas a las Indias. Una de las mayores preocupaciones del Consejo de Indias era la pérdida de hombres y naves. Desde mediados de siglo empezaron a organizarse las *flotas,* para protegerse del acoso de piratas y corsarios. Las naos debían salir con defensa, e ir y volver juntas en flotas, especialmente a Nueva España, Tierra Firme y Santo Domingo; las ordenanzas regulaban el porte de las naos, la artillería que debían llevar, su carga y tripulación. En cada flota debía ir una nao, con más defensa y menos carga, por capitana. Una cédula de 1552 reglamentaba la artillería, tripulación y municiones que debía llevar cada nave, según su porte. En octubre de 1554 se ordenó que anualmente saliesen dos flotas para las Indias, una por enero y otra por agosto, y que con cada una fuesen dos navíos y un patache de Armada, que se fue reforzando después con más galeones, navíos y pataches, con sus tripulaciones. Salían juntas de la desembocadura del río Guadalquivir; la que iba al golfo de México era llamada Flota de Nueva España, y la que se dirigía a Cartagena de Indias era la Flota de Tierra Firme. Navegaban juntas hasta el mar de las Antillas y allí se separaban, dirigiéndose la de Nueva España a Puerto Rico, Santo Domingo, La Habana y Veracruz, desde donde regresaba a La Habana con el nuevo cargamento. La de Tierra Firme iba desde Santo Domingo a Cartagena de Indias y Portobelo, donde recibía los envíos de Perú y Chile por el río Chage y el istmo de Panamá. En 1567, 1569 y 1573 se publicaron ordenanzas en las que se dieron nuevas reglamentaciones para la navegación a Indias y se ordenó a los pilotos anotar en el libro de a bordo las derrotas seguidas, situar los bajíos, tierras, puertos y ríos que se descubriesen, observar los vientos y corrientes marinas de cada lugar, señalar con el máximo detalle los eclipses de luna.

Las flotas de Indias estaban compuestas por las comúnmente llamadas *naos,* y a partir de mediados del siglo XVI principalmente por galeones, aunque las carabelas se siguieron utilizando para las misiones de exploración y descubrimientos hasta bien entrado el siglo XVII. Galeras, galeazas y otras naves mediterráneas viajaron también a las Indias, a pesar de no ser apropiadas para las travesías atlánticas.

Al cumplirse los tres cuartos del siglo XVI, y a pesar de la creciente crisis económica, el gran prestigio y alta moral que dieron a España la victoria de Lepanto y la incorporación de Portugal, con el oro y plata fluyendo, al parecer de forma inagotable, desde los nuevos reinos del continente americano, hicieron de España lo que parecía ser la nación más poderosa y rica de la tierra. Francia e Inglaterra incrementaron los actos de piratería hostilizando las flotas de la carrera de Indias. Después del fracaso de la Gran Armada en 1588, se fue imponiendo la conveniencia de fabricar navíos más ligeros y veloces, de más fácil maniobrabilidad y menor coste, y se inició un cambio en la construcción naval española, que se refleja en las ordenanzas de 1607, 1613 y 1618.

II

El arte de la construcción naval

> Ingenioso arte y peregrino modo fue la fábrica de los navíos, y quanto mayores más admirables. Pues una máquina tan grande, compuesta de tantos pedazos de madera ligada y abrazada, con curbas, bularcamas, buzardas, y clavadas con pernos o cabillas de fierro y clabazón, queda tan fuerte que se oponga y resista a las ynchadas y furiosas olas del mar y a los soberbios vientos [...].
>
> *Diálogo entre un bizcaíno y un montañés sobre la fábrica de navíos*, h. 1631

La construcción naval era un arte que se fundaba en encontrar las proporciones correctas. Todas las dimensiones, hasta el tamaño de los mástiles, cables y anclas, quedaban fijadas por una escala de proporciones que relacionaba todo con la manga del barco; así, el tamaño de la parte más ancha del casco, era elemento clave del diseño. Pero se pretendía un imposible: encontrar un barco que sirviese para todo. Cristóbal de Barros, nombrado por Felipe II en 1574 superintendente de la fábrica de navíos y de conservación de bosques y plantíos, y su hombre de confianza en el Cantábrico hasta 1592, en que fue a Sevilla como proveedor general de la flota de escolta de las Indias[22], establecía en la década de 1580 que se hiciesen barcos aptos para la guerra, la industria y el comercio.

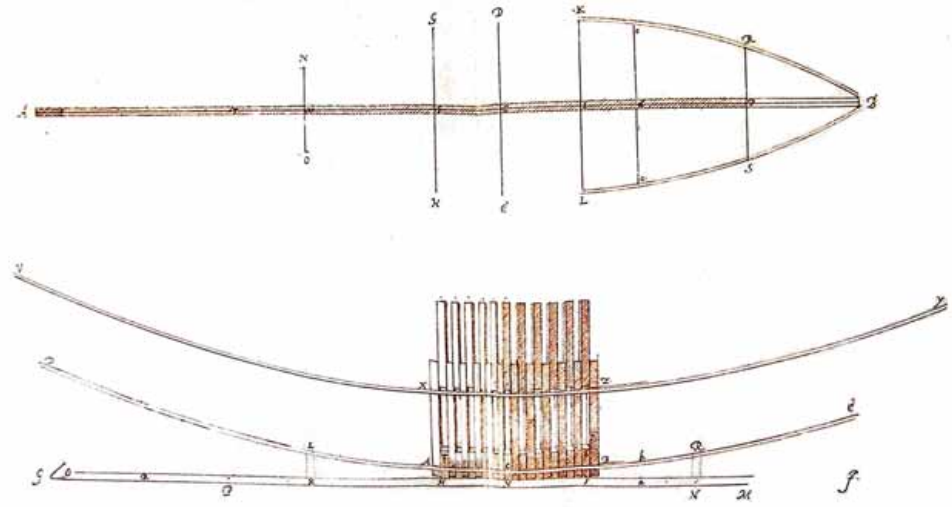
Los grandes navíos españoles se construían fundamentalmente en los astilleros de la cornisa cantábrica[23], siguiendo una fórmula tradicional usada en toda Europa, conocida como la del «as, dos, tres» (a cada unidad de medida en la manga le correspondían dos de quilla y tres de eslora). No obstante, no fue una regla fija, pues la evolución en la construcción de buques trajo consigo la aplicación de una serie de correcciones a esta norma, con la intención de mejorar en lo posible la capacidad de carga de las naves.

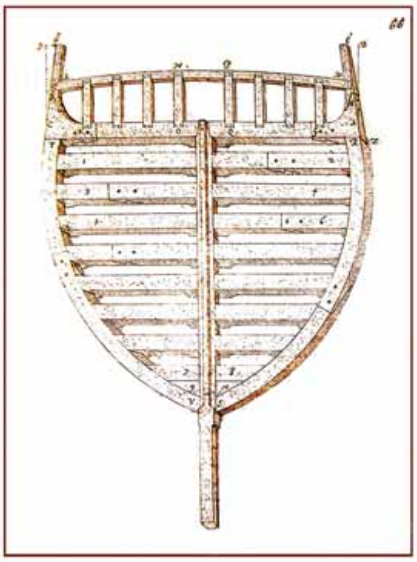
Las fases de la luna marcaban el ritmo de la construcción naval. Para cortar la madera, los menguantes eran los adecuados. Los maestros carpinteros aseguraban que la madera cortada en cuarto creciente se estropeaba enseguida, pues la mayoría de las plantas se hinchan con el cuarto creciente; para que la madera no tuviera demasiada humedad había que cortarla cuando la luna mengua, y para que durase más, con las lunas menguantes de noviembre y diciembre. Los meses de verano se ex-

---

[22] David Goodman: *El poderío naval español...,* 2001. Felipe III, años más tarde, pedía lo mismo en una comunicación remitida desde Valladolid en 1601 a Domingo de Idiáquez, superintendente de construcción en Guipúzcoa, que establecía los préstamos de la Corona a los constructores navales; y lo mismo se repite en otros documentos posteriores.

[23] Los principales centros españoles de construcción naval estaban en Santander y en la costa vasca: Zorroza y Deusto, en la ría de Bilbao, y Lezo, Pasajes y Usúrbil en Guipúzcoa.





15.8. Diseños técnicos *en el* Libro primeiro de Architectura naval *de João Baptista Lavanha, castellanizado Lavaña o Labaña, h. 1610; manuscrito de la Real Academia de la Historia, Madrid.*

cluían, ya que el calor del verano haría que la savia fermentase, lo que pudriría la madera. Además, la ventaja del invierno es que con la caída de las hojas los árboles se ven mejor, y también había mayor mano de obra disponible.

La construcción del barco seguía una secuencia de operaciones establecida desde hacía mucho tiempo. El buque se comenzaba a construir en la playa, se hacía el armazón y en cuanto podía mantenerse a flote era arrastrado al agua y dentro del mar se continuaba hasta su terminación. Los buques de más tonelaje necesitaban la

instalación de una grada, o plataforma plana de madera, inclinada hacia el agua con un desnivel variable en relación con el tonelaje del buque a construir. El declive solía oscilar entre 1/12 para los mayores y un 1/10 para los menores. El pavimento sobre el que se apoyaba la plataforma debía ser suficientemente sólido para evitar el hundimiento con el peso del barco. Si la construcción se realizaba en la ribera de un río las precauciones debían ser mayores, afianzando la plataforma con fuertes estacas u obras de mampostería. La parte inferior o integrada debía estar sumergida[24].

El emplazamiento de la grada no era fijo ni permanente. Cuando se habla de astilleros, se trata de una amplia zona de playa o de río. Hecha la grada y una especie de cuna para sujetar las maderas que irían dando forma al buque, la primera pieza que se colocaba era la quilla, de un solo madero largo, recto y grueso, pues tenía que soportar toda la estructura. Para ella se destinaba la madera más dura, lo mismo que para los segmentos adyacentes. Cuando el tamaño de los buques aumentó se tenía que componer de varias piezas unidas a media madera con pernios de cobre remachados. El grueso necesario lo dictaba la experiencia. Con el tiempo guardaba unas proporciones determinadas. En los extremos se adosaban otras dos maderas del mismo grueso que la quilla, la roda en el lado de proa y el codaste en la popa. Para dar mayor trabazón a las piezas anteriores se colocaba sobre la quilla una serie de maderas llamadas *dormidos;* otras más daban consistencia a la base. Sobre los dormidos, y endentadas en ellos, las grandes piezas curvas que formaban el esqueleto del barco por ambos lado: eran las cuadernas o costillas por su semejanza a las de los animales, que determinaban la forma y capacidad del barco. La madera ideal era la de encina si tenía la curvatura natural conveniente. Venía después el revestimiento del conjunto con dos forros, interior y exterior, con unas tablas horizontales bien trabadas entre sí mediante acanaladuras y salientes encajados.

Comenzaba entonces la labor de los calafates, quienes con estopa y betún debían taponar perfectamente las ranuras, de manera que se consiguiese una estanqueidad perfecta. Debería elegirse una estopa de buena calidad, porque se podía corroer. Además, si el calafateado era deficiente o las maderas se deformaban, sobre todo por haberlas utilizado sin la debida curación, desaparecía la impermeabilidad. Entonces era necesario proceder a la carena, labor idéntica a la anterior, más el limpiado de exteriores y arreglo de otras averías, como sustitución de piezas deterioradas. La operación de «dar carena» a los buques se realizaba periódicamente, cada uno o dos años, o siempre que fuese necesario.

Es decir, en primer lugar se colocaba la quilla, se le fijaban la roda y el codaste y se montaban los pares de cuadernas; el esqueleto así formado se completaba con la clavazón y las cintas[25]. Cuánto se tardaba en todo eso dependía del tiempo que hiciese. No se podían hacer barcos en la costa norte de España en cualquier momento del

---

[24] G. Pérez Turrado: *Las Armadas españolas de Indias,* 1992.

[25] C. Rahn Phillips: *Seis galeones para el Rey de España...,* 1991.

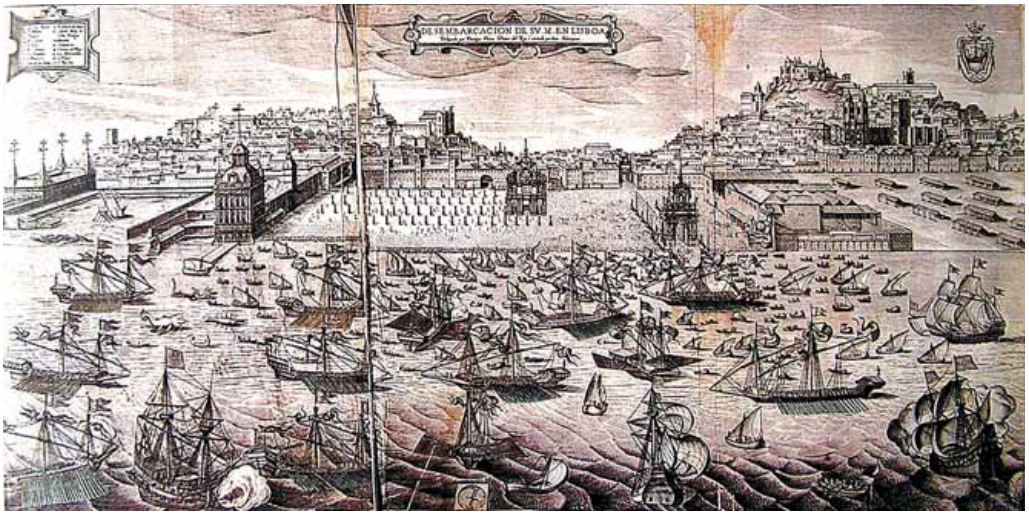
15.9. Calafateador. *Levanta el dañado sello de estopa y brea entre las tablas de un navío, en el marco de las operaciones de carenado.*

año; en invierno no deja de llover, y el verano, con sus largas horas de sol, era la estación óptima.

Una vez concluida la obra, cuando el peso de la parte hecha lo aconsejaba y se presumía flotación suficiente, se iniciaban los preparativos para la botadura: se dejaba deslizar hacia el agua quitando las piezas de retención, ayudándose con palancas, trinquetes y tiros de mulas si era necesario. Cuando se trataba de un buque grande, era una operación muy considerable, en la que intervenían una masa de trabajadores y hasta cuatrocientas yuntas de bueyes, traídas de todas las localidades, para que tirasen del barco. La botadura misma no podía llevar más de un día. Pero no valían todos los días, y a veces pasaban meses hasta que se presentaba uno adecuado. Contaba la influencia de la luna, por las mareas.

Con el barco en el agua, y bien sujeto, se continuaban las obras hasta el acabado final: colocación y afianzamiento de la arboladura, que en el caso de los grandes navíos constaba de cuatro palos: mayor, trinquete, mesana y contramesana más el bauprés, con sus correspondientes bergas. Las lonas de las velas serían de algodón, y las jarcias de esparto o cáñamo[26]. Se terminaban las cabinas, cubiertas, el puente, los castillos, etc. Por último, se montaban los cañones, ya en el puerto más a propósito.

[26] En la documentación se insiste en que el cáñamo mejor era el de la Rioja o el del Reino de Aragón.



15.10. Galeras, galeazas, naos y galeones, junto con diversas pequeñas embarcaciones auxiliares. *«Desembarcación [sic] de Su M. en Lisboa» (Domingo Vieria Serrão, h. 1622, en el libro* Viagem da Católica Real Majestade el Rei Filipe III*, de Juan Batista Lavaña, BNM).*

III

Las unidades de medida lineales y de arqueo

> Para que a una nao se le den las medidas que le convienen para su buena y perfecta fábrica, y las que a menester llevar para que salga del porte que se pidiere y pretendiere que tenga, es cosa necessaríssima que el fabricador o maestro de ella sea arismético y sepa archear naos.
>
> Tomé Cano: *Arte para fabricar, fortificar y aparejar naos,* 1611

La uniformización de las medidas lineales de construcción naval tenía que ser necesariamente una preocupación. Afirmar que una embarcación era de tantos *rumos* o tantos *codos* poco clarificaría si no se especificase la medida que se tomaba por *rumo* o *codo*. Tal preocupación motivó la intervención del poder político en España, donde era particularmente problemática la cuestión de las variaciones regionales de los valores de las unidades de medida y de arqueo[27].

[27] J. L. Casado Soto: *Los barcos españoles del siglo xvi...,* 1988; C. Rahn Phillips: «Spanish measurements reconsidered: the *Instrucción Náutica* de Diego García de Palacio (1587)», *Mariner's Mirror*, vol. 73, n.º 3, 1987, pp. 293-296; Eduardo Trueba: «Tonelaje mínimo y arqueo de buques en Sevilla (siglo xvi)», *Revista de Historia Naval,* Madrid, n.º 20, 1988, pp. 33-59.

En Portugal, la medida base de la arquitectura naval era el *rumo,* a partir del cual se regulaba toda la construcción de las embarcaciones de gran calado[28]. Para los restantes, se usaba la *goa,* igual al *meio rumo*. Fernando Oliveira explica claramente estas medidas, en su ya citado *Libro da Fabrica das Naus*[29]:

> quiero tratar aquí algunas palabras usadas en esta fábrica [...]. Una de las que ahora se me ocurren es el *Rumo,* que antes mencioné, diciendo que la quilla debe tener tantos *rumos* [...] además de ser una palabra propia del arte de navegar, en esta posee dos significados diferentes [...] El otro es el que se aplica aquí en la *Fábrica de los navíos*, donde significa espacio de seis palmos, contados a lo largo del navío, es decir, el espacio en el que se puede colocar un tonel.

Insiste Oliveira en que los palmos no eran todos iguales:

> Los más comunes son tres: uno de geometría, compuesto por cuatro dedos, correspondiendo a cada dedo cuatro granos de cebada. Otro es el *palmo* común, que algunos llaman redondo, que ocupa el espacio de una mano de hombre extendida desde la punta del dedo más pequeño hasta la cabeza del pulgar. El tercero es el mayor, porque además de ocupar toda la mano, como he dicho, alcanza más porque junta el dedo pulgar por detrás hasta la primera articulación. Este se llama *palmo de goa,* y se miden por él los *rumos* y las *goas,* y toda esta *Fábrica* nuestra.

Además de los documentos escritos, el trabajo directo sobre vestigios materiales ha permitido a los arqueólogos subacuáticos proponer nuevas equivalencias para estas medidas, o justificarlas de otra manera[30].

El caso español es diferente, debido a la diversidad de utilización de unidades lineales regionales establecidas tradicionalmente. En el primer texto impreso sobre construcción de navíos, en castellano, el cuarto libro de la *Instrucción náutica para el buen uso y regimiento de las naos y su traça y gobierno conforme a la altura de México* (1587), el doctor Diego García de Palacio también explica las unidades de medida:

> Házese pues la qüenta de las naos generalmente por codos, que dos pies o dos tercias de vara hazen un codo, y por ese se qüenta y mide cualquier nao al artífice, señalando

---

[28] F. Contente Domingues: «El rigor de la medida: Unidades de medida lineal y de arqueo en la construcción naval ibérica en los inicios del siglo xvii», 2006, pp. 371-381.

[29] En portugués es el tratado más antiguo sobre arquitectura naval (h. 1580), manuscrito de la Biblioteca Nacional de Lisboa, publicado por vez primera por Henrique Lopes de Mendoza, en *O Padre Fernando Oliveira e a sua Obra Náutica,* 1898, y recientemente por la Academia de Marinha de Lisboa, 1991, en una espléndida edición y con un completo estudio de Francisco Contente Domingues y Richard Barker.

[30] Filipe Vieira de Castro: *The Pepper Wreck: a Portuguese Indiamen at the mouth of the Tagus River,* Ph.D. Dissertation, Texas A&M University (EE.UU.), 2001, Ap. A: «Tonnage and Systems of Units», pp. 287-292. Filipe Castro ha estudiado las tentativas de reglamentación de las medidas desde D. João II, en Portugal, para llegar a valores como la equivalencia del *rumo* en 1,54 m, del *palmo de goa* en 25,67 cm, y de la *párea* en 1,027 m.

> que ha de tener tantos codos de quilla, que es el largo, y tantos de puntal que es el alto, y tantos de manga, que es el ancho.

Felipe II trató de regularizar en 1590 la dimensión del *codo,* tomando como base el usado en la costa del Cantábrico[31]. En 1605, Diego Brochero[32] convocó una reunión de expertos[33], en la que intervino el capitán Agustín de Ojeda, uno de los más prolíficos constructores de navíos de la última década del siglo XVI y dos primeras del XVII[34], junto con otros diez, entre ellos Diego de Noja y Castillo, inspector de Armadas de Cuatro Villas, y varios de los mejores carpinteros de ribera vizcaínos: Juan de Uriarte, Martín de Zautua y Juan de Axpe. Se trató de que participasen también expertos andaluces y portugueses, para tratar de establecer una escala flexible de dimensiones y tonelaje. La reunión concibió una fórmula para calcular la cabida de un barco a partir de sus dimensiones.

En años sucesivos los monarcas castellanos promulgaron ordenanzas con el fin de reglamentar y uniformizar procedimientos de construcción, de las cuales las de 1613 y 1618 son las más frecuentemente citadas. Ha de tenerse en cuenta que, aunque España y Portugal estaban unidas bajo un mismo monarca desde 1580, mantenían sus propias leyes y las ordenanzas no se aplicaban en el reino lusitano, donde continuaron utilizándose las medidas tradicionales: *rumo, goa* y *palmo de goa*.

Ahora bien, no podemos olvidar, como muy bien destaca Contente Domingues, que el rigor en las medidas no existía en la época, «bien por ausencia de utilidad, bien por incapacidad tecnológica para definir padrones de medida y para aplicarlos con rigor». En el siglo XVI, dos toneles exactamente iguales solamente podrían deberse a la casualidad, considerando las técnicas de fabricación, los instrumentos y la materia prima, y no tendría trascendencia el hecho de que un tonel tuviese medio centímetro más que otro. De la misma manera, sería imposible cortar las piezas de madera para la construcción de la embarcación de manera estandarizada.

Por tanto, los valores normativos existían, pero no se puede pretender calcular su conversión en milímetros. Y aunque la legislación filipina intentó reglamentar procedimientos, la realidad evidencia la distancia entre esta intención y su materialización práctica y efectiva.

---

31 J. L. CASADO SOTO, 1988, pp. 58-71, se ocupa extensamente de la metrología naval en el Atlántico ibérico durante el siglo XVI. Una tonelada, igual a un tonel anterior a 1590, era igual a ocho codos de ribera cúbicos (= 8 x $(0{,}57468)^3$ = 1,5183 m^3).

32 Destacado alto oficial de la marina y miembro del Consejo de Guerra, expuso sus ideas de cómo remediar los males que aquejaban a la marina española en su *Discurso sobre la Marina* (Colec. Vargas Ponce, t. 11, doc. 7, fols. 124-131, Museo Naval de Madrid). Dedicó sus esfuerzos a la mejora de la arquitectura naval e impulsó las sucesivas ordenanzas de 1607, 1613 y 1618.

33 AGS, GA, leg. 640, propuesta de Brochero, 3 de marzo de 1605.

34 M.ª Isabel VICENTE MAROTO: «Agustín de Ojeda y la construcción de navíos a finales del siglo XVI», 2006, pp. 311-344.

El arqueo de los navíos se calculaba de manera empírica, y correspondía a la capacidad de transporte de un determinado número de toneles, su volumen de carga útil; cuando no cabían *toneles,* se rellenaban los vacíos con *pipas,* siendo dos *pipas* iguales a un *tonel;* no se usaban unidades de medida inferiores. Con la regulación de 1590, el tonel pasa a denominarse *tonelada* (aprox., 1,5183 m^3). Pero los valores que los técnicos obtenían a menudo resultaban de la conveniencia de los armadores, interesados en escapar a los impuestos o a cobrar más por su navío, más que en el rigor del cálculo[35].

Independientemente de estos artificios, como el método de cálculo era poco riguroso, los resultados obtenidos por personas diferentes en un mismo navío eran igualmente diversos. Por eso los técnicos y los tratadistas procuraron determinar fórmulas que indicasen el tonelaje de los navíos sin necesidad de recurrir a la medida directa. El problema tardará en ser resuelto; dependía de una capacidad, inaccesible en la época, de uniformizar la totalidad de la construcción, las unidades de medida y los procesos de cálculo. Por lo tanto, habrá que recurrir a valores aproximados, próximos a los valores medios efectivamente practicados, más que procurar equivalencias en unidades de medida fraccionadas imposibles de cuantificar en los siglos XVI y XVII.

IV

Los tratados de arquitectura naval

> Que no está la arte de la nao en solo ser carpintero de ribera, que muchos lo entienden, sino en buen ingenio y traça, y en saber qué es la causa cuando no govierna bien, y si no sustenta vela, si anda poco, si peneja [...].
>
> Diego García de Palacio: *Instrucción náutica,* 1587

La aparición en Europa de tratados de arquitectura naval a finales del siglo XVI implicó un esfuerzo notable de divulgación, organización y sistematización de los preceptos de un arte hasta entonces sumido en el sigilo profesional de circuitos restringidos, circuitos integrados por los artífices constructores de navíos y casi exclusivamente regidos por criterios empíricos[36]. Vamos a referirnos a los tratados elaborados en la Península Ibérica, en los que se explican los preceptos para la construcción de navíos de alto bordo para la navegación oceánica, porque, aunque en la Italia del siglo XV habían aparecido los primeros textos teóricos de construcción naval, tratan-

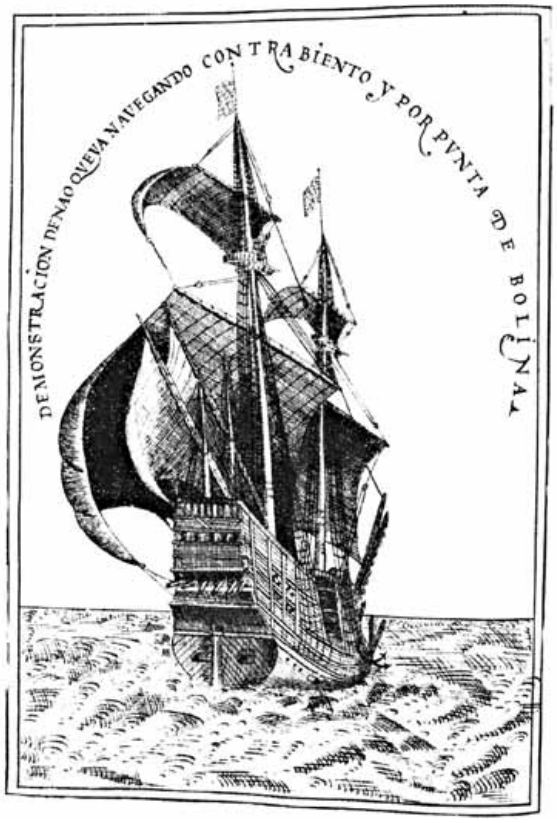
[35] En la documentación se encuentran abundantes testimonios de comprobación de los arqueos por parte de los veedores y contadores de las flotas, para evitar posibles engaños.

[36] F. Contente Domingues, *op. cit.,* 2004.

do de registrar por escrito la práctica de los astilleros italianos, en ellos se hacían barcos de remos, sobre todo, o redondos, tanto para la guerra como para el comercio, pero de utilización casi exclusiva en el Mediterráneo y en la navegación costera más allá del estrecho de Gibraltar.

La construcción naval era un «arte» basado en la experiencia adquirida y en el saber transmitido de maestro a aprendiz, frecuentemente de padre a hijo, como era característico en la organización social del trabajo en las sociedades del Renacimiento, y podemos comprobar en la documentación conservada, tanto en los archivos españoles como portugueses.

Los finales del siglo XVI e inicios del siglo XVII es un período que se podría llamar «era de la tratadística». Los textos de construcción naval en esta fase inicial tampoco lo explican todo, ya que el arbitrio del maestro constructor naval decide la forma de las superestructuras del navío, cuya construcción los textos no mencionan. De acuerdo con Contente Domingues, esto no significa que el saber acumulado no pueda llegar a considerarse como teórico, o que se haya desarrollado por la simple superposición de datos empíricos, pues se conocen los vínculos entre la arquitectura civil y la naval.



15.11. Nao (s. XVI) «que va navegando contrabiento [sic] y por punta de bolina» *(Juan Escalante de Mendoza:* Itinerario de Navegación de los mares y tierras occidentales*, h. 1575, BNM).*

Los primeros teóricos tuvieron que buscar en la aquella principios generales que pretendían aplicar o desarrollar en esta, cuando quisieron fundamentar teóricamente la arquitectura del navío, buscando el magisterio de los autores clásicos. Así, como veremos, Labaña, primer profesor de la Academia Real Matemática —creada por Felipe II en 1582, en Madrid—, hace hincapié en que a la naval debe aplicarse «lo que se dice de la Arquitectura y del Arquitecto universal, y así es ella generada de la práctica y de la especulación».

Los primeros tratados ibéricos son casi siempre verdaderas misceláneas de asuntos diversos relativos a la navegación, siendo uno de ellos la construcción naval. Posteriormente las obras tienden a especializarse y a aislar la construcción naval como tema específico; es lo que sucede con el *Quatri partitu en Cosmographía prática,* más conocido como *Espejo de navegantes,* de Alonso de Chaves, el *Itinerario de navegación* de Escalante de Mendoza o la *Instrucción Náutica* de García de Palacio: todos ellos tratan temas varios, y solo posteriormente, ya en pleno siglo XVII, el *Arte para fabricar y aparejar naos* del canario Tomé Cano versa exclusivamente sobre el asunto, tal como sucede con el *Diálogo entre un vizcayno y un montañés*[37]. En portugués, el *Ars Nautica* de Fernando Oliveira constituye un compendio general, y posteriormente el *Livro da Fabrica das Naus*, el *Livro Primeiro de Architectura naval* de João Baptista Lavanha o Labaña y el *Livro de Traças de Carpintaria* de Manuel Fernandes[38], tratan exclusivamente de arquitectura y construcción naval[39].

La obra técnica no escapó al estilo de diálogo que los autores renacentistas cultivaron como modalidad más fácil y agradable de seguir, invocando el ejemplo de los clásicos: así lo hace, por ejemplo, Juan Escalante de Mendoza en su *Itinerario de navegación* (h. 1575), pero también García de Palacio en su *Instrucción náutica* (1587) o Tomé Cano en el *Arte para fabricar y aparejar naos* bastante más tarde (1611)[40], pero un texto mucho más temprano, *Quatri partitu en Cosmographía prática* (1520-1538), más conocido como *Espejo de navegantes,* de Alonso de Chaves, no utiliza el diálogo. Se trata de un medio pra captar la atención del lector que no permite clasificar como más o menos modernas las obras que de él se sirven; ni siquiera lo permite la uniformidad temática de las obras: es decir, el hecho de que un libro se

---

37 M.ª I. VICENTE MAROTO, *Diálogo entre un vizcaíno y un montañés sobre la fábrica de navíos,* Ediciones Universidad de Salamanca, 1998.

38 *Livro de Traças de Carpintaria com todos os Modelos e medidas pera se fazerem toda a navegaçao, assy d'alto bordo como de remo Traçado por Manoel Frz official do mesmo officio. Na era de 1616.* Códice de la Biblioteca de Ajuda.

39 Para los textos portugueses, F. CONTENTE DOMINGUES, 2004.

40 Tomé CANO: *Arte para Fabricar y Aparejar Naos. 1611,* ed. y prólogo por Enrique MARCO DORTA, La Laguna, Instituto de Estudos Canarios, 1964; M.ª Jesús MANCHO DUQUE (dir.), en Cr, 2005. Incluye varios tratados de arquitectura naval.

dedique a un único tema no puede conducir al lector de hoy a sentir que este hecho represente la consolidación e independización de una disciplina específica, segregándose de un conjunto de saberes más amplios.

El primer texto castellano que contiene una parte importante relativa a arquitectura naval es el *Quatri partitu en Cosmographía prática*, más conocido como *Espejo de navegantes*[41], del cosmógrafo Alonso de Chaves (Trujillo, Cáceres, h.1493-Sevilla, 1587). Es una obra muy extensa, escrita en fecha muy temprana (entre 1520 y 1538), dividida en cuatro libros, cada uno de los cuales está subdividido en tratados, y estos en capítulos. El tercer tratado del libro tercero, de seis capítulos, es un verdadero texto sobre arquitectura naval poco conocido, ya que el *Quatri partitu* ha sido más estudiado en su parte relativa a repertorio de tiempos, sus dos primeros libros, o el libro cuarto, que el propio autor considera el principal, en donde se ocupa de los itinerarios para ir y venir a las Indias, islas y Tierra Firme del mar Océano. En el tratado de arquitectura naval explica los vocablos utilizados en navegación; la gente de mar necesaria en una nao, con sus bastimentos, armas y municiones; la forma más correcta de desempeñar cada uno de los oficios; los peligros e infortunios más frecuentes en la navegación; las batallas entre las naos y, por último, las batallas entre las flotas. Pero la obra de Chaves no llegó a publicarse, probablemente por el contenido del libro cuarto, un derrotero general de navegación a las Indias que debía mantenerse en secreto.

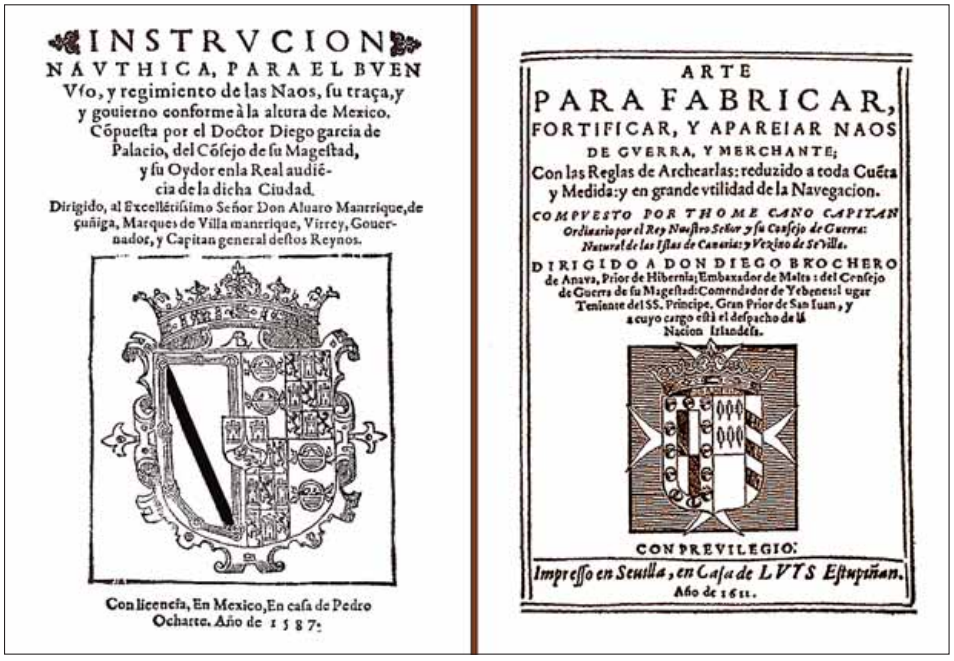
Otro tratado conocido que tampoco llegó a imprimirse es el *Itinerario de navegación de los mares y tierras occidentales*[42], compuesto por el capitán Juan Escalante de Mendoza (Valle de Riva de Deva, Santander, h. 1530-1596) en torno a 1575. Dividido en tres libros, en el primero explica la mejor manera de construir naos, con algún detalle relativo a su armamento y a la guerra en alta mar, y examina los derechos y obligaciones de la tripulación. El Consejo de Indias denegó la licencia para su

---

[41] *Quatri partitu en Cosmographía prática i por otro nombre llamado Espejo de navegantes: Obra mui utilíssima i compendiosa en toda la arte de marear i mui neccesaria i de grand provecho en todo el curso de la navegación, principalmente de España. Agora nuevamente ordenada y compuesta por Alonso de Chaves, cosmógrapho de la Magestad Cesárea del emperador y Rey de las Españas Carlo quinto Semper Augusto*. Así reza la portada del manuscrito conservado en la Real Academia de la Historia, elogiado por Fernández Duro en *De algunas obras desconocidas de Cosmografía y de navegación y singularmente de la que escribió Alonso de Chaves a principios del siglo XVI,* Madrid, 1895, que reproduce el tercer tratado del libro tercero completo, por considerarlo el de mayor interés desde el punto de vista histórico.

El *Quatri partitu* ha sido publicado por el Museo Naval de Madrid en 1983, con estudio de Paulino Castañeda, Mariano Cuesta y Pilar Hernández. El manuscrito no tiene fecha, pero en el citado estudio lo sitúan entre 1520 y 1538.

[42] Fernández Duro publicó el libro primero del *Itinerario* en su libro V de *Disquisiciones náuticas*, pp. 412-515. El manuscrito completo ha sido publicado por el Museo Naval, según la copia realizada en 1791 por Martín Fernández de Navarrete, con estudios y comentarios de R. Barreiro-Meiro, Madrid, 1985.


INSTRVCION
NAVTHICA, PARA EL BVEN
Vſo, y regimiento de las Naos, ſu traça, y
y gouierno conforme à la altura de Mexico.
Cõpueſta por el Doctor Diego garcia de
Palacio, del Cõſejo de ſu Mageſtad,
y ſu Oydor en la Real audiẽ-
cia de la dicha Ciudad.
Dirigido, al Excellẽtiſſimo Señor Don Aluaro Manrrique, de
çuñiga, Marques de Villa manrrique, Virrey, Gouer-
nador, y Capitan general deſtos Reynos.
Con licencia, En Mexico, En caſa de Pedro
Ocharte. Año de 1587.
ARTE
PARA FABRICAR,
FORTIFICAR, Y APAREIAR NAOS
DE GVERRA, Y MERCHANTE;
Con las Reglas de Archearlas: reduzido a toda Cuẽta
y Medida: y en grande vtilidad de la Navegacion.
COMPVESTO POR THOME CANO CAPITAN
Ordinario por el Rey Nueſtro Señor y ſu Conſejo de Guerra:
Natural de las Iſlas de Canaria: y Vezino de Sevilla.
DIRIGIDO A DON DIEGO BROCHERO
de Anava, Prior de Hibernia; Embaxador de Malta: del Conſejo
de Guerra de ſu Mageſtad: Comendador de Yebenes: el ugar
Teniente del SS. Principe, Gran Prior de San Iuan, y
a cuyo cargo eſtà el deſpacho de la
Nacion Irlandeſa.
CON PREVILEGIO.
Impreſſo en Sevilla, en Caſa de LVIS Eſtupiñan.
Año de 1611.

15.12. Primeros impresos sobre construcción naval: *(1) Diego García de Palacio,* Instrucción náutica para el buen uso y regimiento de las naos y su traça y gobierno conforme a la altura de México *(1587), le dedica el libro IV; (2) Tomé Cano,* Arte para fabricar, fortificar y aparejar naos *(Sevilla, 1611), es el primer texto monográficamente consagrado al tema.*

publicación argumentando la inconveniencia de que los enemigos pudieran tener acceso a la información que contenía. Está escrito en forma de diálogo entre un piloto y un viajero, Tristán, mientras navegan por el río Guadalquivir, desde Sevilla hasta Sanlúcar de Barrameda.

El primer texto impreso en castellano sobre construcción de navíos fue el cuarto libro de la *Instrucción náutica para el buen uso y regimiento de las naos y su traça y gobierno conforme a la altura de México* (1587), compuesta en forma dialogada por el doctor Diego García de Palacio (m. en Santander, 1595)[43]. La *Instrucción náutica* es una verdadera enciclopedia sobre navegación, dividida en cuatro libros, donde los interlocutores son un vizcaíno, que pregunta, y un experto montañés, que responde a las más variadas cuestiones. El tratado responde al interés del autor por explicar todo lo relativo a la navegación de manera ordenada y sistematizada, y en el libro cuarto trata de la construcción de navíos:

[43] La *Instrucción náutica* del Doctor Diego García de Palacio, impresa en Méjico en 1587, fue publicada en la Colección de Incunables Americanos, siglo XVI, vol. VIII, con un prólogo de J. F. Guillén (Cultura Hispánica, Madrid, 1944). Ha sido editada recientemente por el Museo Naval, con transcripción y estudio de Mariano Cuesta, Madrid, 1993.

> Pues las cosas ordenadas por los propios fundamentos se entienden mejor, y declara después bien las difficultades que la materia ofresce, será a propósito que, pues la cosa sin la cual no se puede navegar es la nao, que ante todas tratemos de su traça, cuenta y medidas, belas, xarcia, y demás cosas necesarias, hasta, como dicen, ponerla de vergas en alto.

Incluye también una serie de planos, detallando minuciosamente las medidas[44]:

> Me paresce que, assí para guerra como para mercancía, y para porte y tamaño conviniente de una nao, vastan quatrocientas toneladas [...] por manera que una nao de quatrocientas toneladas (que dos pipas hazen una) ha de tener treinta y quatro codos de quilla, desde el codaste de popa al codillo de proa, y de manga diez y seis, que es casi la mitad de la quilla y, no haviendo de llevar careta, tendrá el navío deste porte, onze codos y medio de puntal, que es el tercio de la dicha quilla; porque aviendo de tenerla (por lo que esta ha de subir) será nesccesario añadir otros tres codos, que por todos serán catorze y medio.

García de Palacio considera que la nao más adecuada, tanto para la guerra como merchante, sería la de cuatrocientas toneladas, de treinta y cuatro codos de quilla, dieciséis de manga (casi la mitad de la quilla) y once codos y medio de puntal (un tercio de la quilla), apartándose de la regla seguida hasta entonces del as, dos, tres, por los carpinteros de ribera de toda Europa, en que a cada unidad de manga correspondían dos de quilla y tres de eslora, así como media de puntal y un tercio de plan[45]. Explica después las dimensiones para el resto de los elementos principales de la nao. Y, como escribe su tratado en Méjico, se detiene en las medidas más convenientes de navíos más pequeños, para los puertos de Nueva España, o de Perú, de poca agua, y costas de poco fondo.

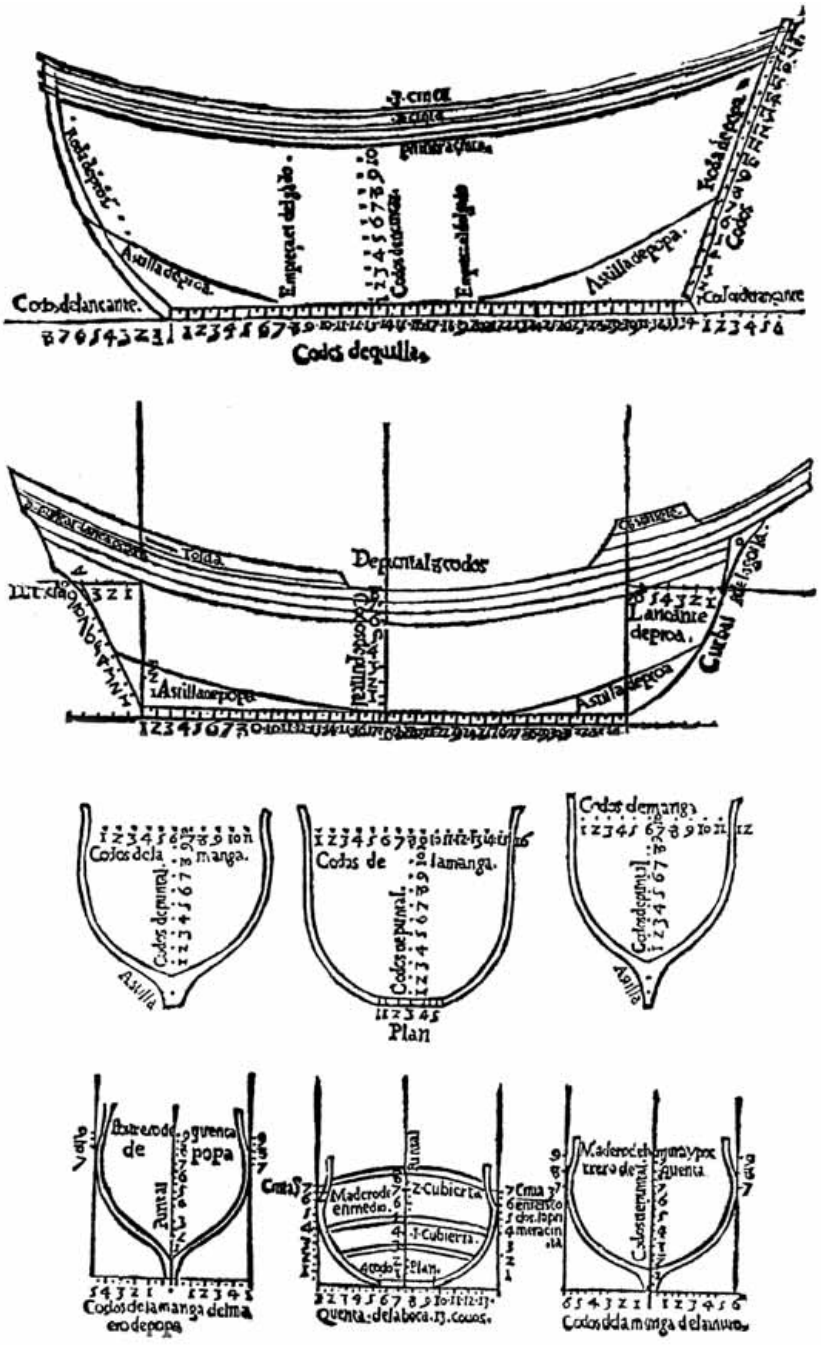
Indica las maderas más apropiadas, explicando las proporciones y medidas de la arboladura y velamen, las jarcias y aparejos, anclas y cables, bastimentos y artillería, para terminar con la tripulación necesaria, junto con las obligaciones de cada cargo, desde el capitán al paje; destaca la importancia de la experiencia: «Y así sería yo de parecer que no se consintiese hacer naos a maestro que no fuese buen marinero».

Un cuarto de siglo después del tratado de García de Palacio, el canario Tomé Cano (Tenerife, 1545-Sevilla, 1618) publicó su *Arte para fabricar, fortificar y aparejar naos* (Sevilla, 1611), primera monografía íntegramente consagrada al tema, dedicada a D. Diego Brochero de Anaya, capitán general de la Armada del mar Océno. El autor, capitán y diputado de la Universidad en la carrera de las Indias, era un hombre «práctico y experimentado en la fábrica de navíos de guerra y merchante, y en la navegación». La aprobación de la obra esta firmada en la villa de Rentería

---

[44] J. M.ª López Piñero, en *El Arte de Navegar en la España del Renacimiento* (Barcelona, 1979), dedica un capítulo a la ingeniería naval (pp. 219-251) y se detiene en el cuarto libro de la *Instrucción náutica* de Diego García de Palacio.

[45] J. L. Casado Soto, *op. cit.,* 1988.



15.13. Medidas de alzado y de sección para la construcción de navíos. *(Diego García de Palacio:* Instrucción náutica para el buen uso, y regimiento de las naos, su traça y gobierno*, Méjico, 1587; el libro IV incluye varios dibujos, y es el primero que llegó a publicarse sobre esta materia).*

(Guipúzcoa) por Juan de Veas, maestro mayor de las fábricas reales, y justificada por la experiencia del autor y por ser «la primera forma de fabricar reducida a reglas que asta oy se ha inventado».

El libro está escrito en forma de amena conversación entre tres hombres de mar, Tomé, Leonardo y Gaspar, que a bordo de una lancha navegan por el Guadalquivir, aguas abajo, y se dirigen hacia el sitio de los Pajares, donde tienen sus naos en carena, aprestándolas para un viaje a las Indias. Uno de los interlocutores es el autor del tratado y los otros dos bien pudieran ser personajes reales, que, para entretener las horas del paseo por el río, charlan sobre las cosas de su oficio.

Sobre las medidas más adecuadas de las naos, Tomé Cano explica las utilizadas comúnmente hasta entonces:

> Todos los maestros españoles, italianos y de otras naciones que manijan estas fábricas de naos an tenido uso de les dar a un codo de manga, dos de quilla; a otro de manga, tres de esloria; y a tres codos de manga, uno de plan, y el puntal a tres quartos de la manga, sin tener quenta con las demás medidas [...][46].

Pero propone modificaciones para que las naos salieran más perfectas:

> A la nao de doce codos de manga, treinta y seis de quilla; once codos de manga, treinta y tres de quilla; diez codos de manga, treinta de quilla; a la de trece codos de manga, treinta y ocho de quilla; a las de catorce codos de manga, cuarenta de quilla; a la de quince codos de manga, cuarenta y dos de quilla, y a este respecto dé más o menos según su grandeza.

Propone, por tanto, que por cada codo de manga se le dieran tres de quilla. A partir de la última década del quinientos, las recomendaciones de los expertos se inclinaban por barcos más largos y estrechos, y la razón entre la eslora y la manga se fue aumentando desde el valor acostumbrado de 3 a 3,5 para que la velocidad pudiera ser mayor. Pero la razón entre el puntal y la manga se incrementó también, con el riesgo de que el barco zozobrase con un ángulo de inclinación menor.

Un aspecto importante de la obra de Tomé Cano es que refleja la decadencia tan evidente de la actividad constructora, que atribuye a la crisis económica:

> Yo pienso que no a de aver hombre particular que se atreva a fabricar nao de guera ni tampoco a hazerla de merchante, por el poco sueldo que da Su Majestad por tonelada cuando se sirve de ellas para su armada.

Y va relatando el encarecimiento de todos los jornales y materiales necesarios para la construcción de un navío, en comparación con la época de Carlos V, cuando la fábrica de buques era mucho más rentable. Por ello, el número de navíos había des-

---

[46] «Puntal»: una de las tres dimensiones que, como en todo cuerpo, considerado geométricamente, se distinguen en un buque; y es la que en dicho sentido equivale a la de profundidad, que en este caso se extiende desde el plan hasta la cubierta principal.

«Plan»: la parte inferior y más ancha del fondo de un buque en la bodega. T. O'Scanlan: *Diccionario marítimo español,* Madrid, Museo Naval, 1974.

cendido alarmantemente, tanto en España como en Portugal. Acaba su obra con un diccionario de términos relativos a la arquitectura naval.

Entre los manuscritos, aparte de los ya citados y junto con abundantes informes, memorias y proyectos —como los de Cristóbal de Barros, el hombre de confianza para asuntos navales en el Cantábrico de Felipe II, acerca del arqueo de las naos[47] (1590)—, hay que destacar sobre todo una *Architectura naval*[48], inacabada, de Lavaña, cosmógrafo de origen lusitano mencionado, que se encuentra manuscrita en la Academia de la Historia madrileña; escrita en portugués, probablemente hacia 1610, incluye numerosos dibujos, y en este caso el autor no recurre al diálogo.

Lavanha, que estuvo al servicio de los primeros Austrias desde 1580, cuando Felipe II accedió al reino de Portugal, define la Arquitectura, siguiendo a Vitruvio, como una ciencia adornada de muchas disciplinas, y la divide en tres partes: militar, civil y naval: «La Arquitectura Naval es la que enseña con reglas ciertas fabricar navíos, en los cuales se pueda navegar bien y cómodamente».

Consta a su vez de seis partes: ordenación, disposición, correspondencia, ornato, decoro y distribución. Para Lavanha, el arquitecto debía tener una preparación científica, y debía saber dibujo, matemáticas, perspectiva, aritmética, geometría, astronomía y mecánica; también debía tener conocimientos de lenguas, para poder leer todo lo que sobre su profesión estaba escrito, y de letras humanas, para manifestar con arte sus conceptos y perpetuarse en la memoria de los hombres con sus escritos. Esa preparación distinguiría a los arquitectos navales de los maestros de carpintería:

> Es bien dificultosa empresa, sin esta precedente noticia, reducir a Arte la grosera práctica de los fabricadores de Navíos, aprendida de sus maestros [...] y sacar de sus inciertas reglas (con las cuales nunca pudieron hacer dos naos en todo semejantes) ciertos y determinados preceptos (como tienen las otras dos Arquitecturas Militar y Civil) con que fabriquen con Arte los Navíos.

El texto de Lavanha es un ejemplo del paso de un arte, la fábrica de navíos, basado en la experiencia, como sucedió hasta el siglo XVI, a una técnica que debía apoyarse en conocimientos científicos.

---

[47] Cristóbal de Barros era cuñado del secretario Eraso y fue el arqueador oficial por cuenta del rey en el Norte; murió en 1596, siendo proveedor de las flotas de Indias. J. L. CASADO SOTO, 1988, pp. 84-94, analiza un memorial de Cristóbal de Barros, firmado en Madrid el 20 de enero de 1580 (AGS, GA, leg. 96-63), con la descripción del procedimiento que utilizaba para calcular el porte de los buques. En el apéndice documental, pp. 287-293, reproduce este memorial y también una Real Cédula dada en San Lorenzo, el 20 de agosto de 1590, sobre arqueamiento de navíos (Biblioteca Nacional de Madrid, Ms. 1816, fols. 121-123). A las normas de Barros hace referencia FERNÁNDEZ DURO, *op. cit.*, libro V, pp. 148-154.

[48] *Libro primeiro de Architectura naval,* Academia de la Historia de Madrid, Colección Salazar y Castro, n. 63. Ed. facsímil de la Academia da Marinha de Lisboa, 1996, con estudio introductorio de J. Pimentel Barata, R. Barker y F. Contente Domingues. Más que un tratado preparado para su publicación, parecen ser unos apuntes escritos por algún discípulo del cosmógrafo.

Además de estos tratados, impresos y manuscritos, hay que tener en cuenta como textos técnicos de carácter oficial las *Ordenanzas de fábricas de navíos* de 1607, 1613 y 1618[49], que impulsaron la evolución de la construcción naval.

En 1607 se publicaron las ordenanzas de construcción y arqueos navales, pero un par de años después estaban ya desfasadas. Diego Brochero culpaba a «las pocas matemáticas y geometría»[50] que sabían los maestros. Se le pidió de nuevo que presidiese una reunión de expertos, esta vez sobre todo matemáticos: Juan Arias de Loyola, de la Real Academia de Matemáticas de Madrid; Juan Cedillo Díaz, vinculado a la Academia, y años más tarde cosmógrafo mayor y catedrático de dicha institución; Antonio Moreno, cosmógrafo de la Casa de la Contratación[51], y también el capitán Juan de Veas, carpintero de ribera y supervisor de arqueos del rey en Andalucía, (que aprobó poco después la publicación del tratado de Tomé Cano). Se aumentó un poco la razón entre quilla y manga y disminuyó la razón entre hondura y manga.

El 25 de enero de 1610, el Señorío de Vizcaya recibió el encargo de enviar a la corte un capitán de mar experto «para la junta que debe celebrarse en razón de las reformas que se trataban de introducir en la fábrica de galeones de guerra». Se solicita:

> un capitán de mar que sea de mucha experiencia e inteligencia para poderlo fiar dél, pues el negocio es de la importancia que se dexa considerar, enmendar los defectos que se han encontrado en las Hordenanzas generales sobre la forma de fabricar navíos de guerra y marchantes. [...] Y también con él un maestro carpintero que sea muy práctico.

La Junta debía comenzar «del 20 al 25 de enero próximo y se acabará con brevedad. Madrid, a postrero día de 1610»[52]. El capitán elegido debió de ser el ya citado Agustín de Ojeda. Esas juntas que se celebraban en la corte fuero dando lugar a modificaciones en las medidas, que se reflejaban en las sucesivas reglamentaciones, tratando de dar con el patrón más adecuado.

A dichas ordenanzas se hacen continuas referencias en un interesante manuscrito, *Diálogo entre un vizcayno y un montañés sobre la fábrica de navíos,* anónimo,

---

[49] J. L. Rubio Serrano, 1991, incluye una reproducción de las *Ordenanzas* «De los fabricadores y calafates» de 1618.

[50] AGS, GA, 776. Diego Brochero. Papel sobre la revisión de las ordenanzas. Madrid, 8 de octubre de 1612 (D. Goodman, 2001). Sobre Diego Brochero ver nota 32 de p. 524, y apunte biográfico en el mini-diccionario final.

[51] Antonio Moreno fue nombrado cosmógrafo de la Casa de la Contratación en septiembre de 1603, después de un informe favorable de Rodrigo Zamorano, «por saber muy bien las ciencias matemáticas, de astrología y cosmografía, y tener particular oficio de señalarlas en esta ciudad [...]». M.ª I. Vicente Maroto y M. Esteban Piñeiro, 2006.

[52] E. Labayru y Goicoechea: *Historia General del Señorío de Vizcaya,* vol. v., libro 6 de las Armadas de las Juntas Generales, Regimientos y Diputaciones del Señorío de Bizcaya, Bilbao, 1901.

muy probablemente escrito por Pedro López de Soto[53], veedor y contador en Lisboa en la última década del siglo XVI. En él recoge el fruto de su larga experiencia al servicio del monarca y como constructor de navíos; escribe el tratado siendo ya muy mayor, hacia 1632. En la obra un montañés explica a un vizcaíno numerosas cuestiones relativas a la arquitectura naval. Su estructura es muy semejante a la citada *Instrucción náutica* del doctor santanderino Diego García de Palacio, y sus interlocutores son también un vizcaíno y un montañés. Pero hay que destacar que el *Diálogo* está escrito por un experimentado constructor, mientras que los autores de los tratados reseñados antes eran meramente teóricos o en algún caso navegantes.

Después del fracaso de la Gran Armada[54], algunos constructores de navíos, como Pedro López de Soto, aconsejaron al monarca en diferentes memoriales que se construyeran barcos más ligeros, de más fácil maniobrabilidad y menor coste, siguiendo el modelo de los navíos flamencos e ingleses.

El *Diálogo* sigue el esquema de la *Instrucción náutica,* pero introduce importantes modificaciones en la fabricación de los navíos. Lamenta que ingleses y holandeses, en otro tiempo menos diestros en el arte de navegar que los españoles, «por descuydo y flojedad nuestra» nos aventajasen en esos momentos con sus flotas[55]. Como muchos otros tratados científicos y técnicos, que comienzan con la historia de la materia a que se refieren, relata la historia de la construcción de naves, partiendo de Noé. Explica que los navíos antiguos eran cortos de quilla, por cuya causa cabeceaban mucho, y tenían poco plan y mucho puntal. Destaca el papel desempeñado por don Diego Brochero de Anaya, almirante general de la Armada Real, que fue el impulsor de la reforma emprendida por Felipe III «que está en el cielo, quien mandó juntar el año de 1609 algunas personas prácticas y de experiencia en las cosas de la mar»; y se refiere después a las ordenanzas de 1611 para fabricar navíos de 100 toneladas hasta 1200. Aclara el montañés que, según esas ordenanzas, las naves tenían mucha quilla y poca manga, por lo que se reformaron en 1613 acortándose un poco

53 Ed. facsímil realizada por la Universidad de Salamanca, 1998, con estudio y trascripción del texto de M.ª Isabel Vicente Maroto.

54 J. L. CASADO SOTO: «Razones y sinrazones para el estado de opinión sobre la construcción naval española en el Renacimiento», 2006, pp. 431-444. El autor ha documentado perfectamente en sus trabajos el buen comportamiento de los buques mercantes españoles enrolados en la Gran Armada, ya que de las 25 naos cantábricas solo se perdieron 4, mientras que de 27 urcas del norte se perdieron 11, y de las 13 carracas mediterráneas se perdieron 8.

55 Los constructores navales del norte de Europa, especialmente los holandeses, habían desarrollado métodos de construcción naval que requerían menos madera, ligeros para su tamaño y especializados en transporte; aunque no eran adecuados para la guerra, esos buques de carga no fortificados eran baratos de construcción y uso. Por el contrario, los galeones españoles, que debían satisfacer las dobles necesidades del comercio y la defensa, resultaban cada vez más costosos, por el aumento constante del precio de los materiales.

el largo; las nuevas ordenanzas de 1618, hechas en Madrid, contenían otros ajustes, y según ellas se fabricaron muchos galeones, sobre todo los años 1619, 1621 y 1623, en las tres escuadras de las provincias de Cantabria: Guipúzcoa, Vizcaya y Cuatro Villas[56] de la Costa de la Mar, en las montañas de Burgos. Pero en el *Diálogo* se afirma que se habían observado algunos defectos que nadie advertía al monarca[57]. El vizcaíno le propone que haga un «tratadillo de medidas de fábrica»,

> en que reformase los defectos que le parece tienen los que se contienen en las Ordenanzas últimas de 1618, con declaración de la causa por que se añade o quita para que satisfaga a los que entendieren en este arte, las quales se podían dar a algún consejero o privado con que abría ocasión de hablarle en esta materia tan importante.

El montañés se muestra conforme con la propuesta y comienza un «Tratadillo de navíos de 22 codos de manga, que será de 1200 toneladas y acavare en 100». Explica perfectamente la cantidad de tabla de madera y clavazón necesaria por cada tonelada de galeón; el tamaño y grueso de los árboles y bergas; la cantidad de jarcia —que recomienda sea de cáñamo de Calatayud, «que es buena y dura mucho»—, cables y lienzo para velas; el peso y tamaño de las áncoras, todo regulado por toneladas; la artillería precisa, con su pólvora y municiones; cuánta infantería y gente de mar, con el dinero que importará un mes de su salario y el bastimento necesario; todo lo referente a la gente de mar y guerra, con las habilidades y obligaciones propias de cada oficio; y, por último,

> lo que costará el dar carena cada tonelada de los navíos de la Armada Real, assí en Cádiz, Lisboa, Ferrol y Cantabria, para que el que quisiere buscar en este tratado todo lo que ymporta a fábricas, aprestos y obligaciones que tienen los que militaren en la Armada lo allen en él.

Tras la introducción, en el folio 3r comienza el tratado, siguiendo exactamente el esquema propuesto, excepto en que no llega a expresar lo que costaría el dar carena en los citados puertos, aunque vuelve a manifestar su intención de hacerlo en el fol. 39r, que está incompleto, hallándose en blanco el 39v. En total escribe 50 folios. Como recompensa a su trabajo, el montañés se contenta con que el tratado «sea de utilidad y provecho del prójimo, y servicio de Dios y de Su Magestad».

Introduce importantes reformas a las ordenanzas de 1618 y se ocupa en primer lugar de las medidas más adecuadas. Describe minuciosa y detalladamente cómo han de construirse los galeones «que debían servir a Su Majestad en sus Reales Armadas y flotas de las Indias, desde 22 codos de manga hasta 14, y desde 13 hasta 10 que serán pataches»; trata después sobre las mercaderías y pasajeros que podrían llevar y explica la cantidad de jarcia que necesitaría cada uno de estos galeones. En cuanto a las

---

[56] Cuatro Villas de la Costa de la Mar: Castro Urdiales, Laredo, Santander y San Vicente de la Barquera.

[57] El fracaso de las ordenanzas de 1618 dimanaba de la reducida escala de la manga, y los constructores vascos y cántabros rehusaron construir sus navíos con ellas. F. Serrano Mangas, 1989, p.35.

medidas del galeón, justifica que «el plan» ha de ser algo mayor que la mitad de la manga, comparando con los galeones de Flandes, fabricados con mucho plan, y concluye que «la nación flamenca practica con más perfección que ninguna las cosas de la mar»; para el puntal, propone 12 codos para galeones de 22 codos de manga, en lugar de los 11 de las ordenanzas de 1618, que no permitían de puntal más de la mitad de la manga, con el fin de poder servirse mejor de la artillería, «que es el principal nervio de la guerra», y mantiene esa proporción en los restantes navíos; la quilla será tres veces la manga, y la eslora 3,6 veces la manga. Se ocupa de cada uno de los elementos del galeón y de la disposición de sus compartimentos, dando cuenta de los diferentes materiales que componían un galeón de 500 toneladas (tipo que seguía siendo el preferido por los marineros), expresando lo que correspondería por cada cien toneladas. Introduce importantes modificaciones que argumenta debidamente; así, suprime los castillos y alcázares, que considera perjudiciales por muchas razones.

Una parte muy importante del tratado lo dedica a la tripulación más adecuada, con el sueldo que debían recibir, las raciones de comida y el detalle de sus obligaciones. A través del contenido del *Diálogo* se traslucen las graves dificultades de un momento histórico en el que el imperio de los Austrias comienza un declive irreversible[58].

Un par de años después de la fecha de redacción del *Diálogo* denunciaba el joven alférez Pedro Porter y Casanate, en su *Reparo a errores de la navegación española* (Zaragoza, 1634), dedicado a don Fadrique de Toledo Ossorio, «Capitán General de la Armada Real, y Exército del Mar Occéano, y de la gente de Guerra del Reyno de Portugal», que la decadencia había alcanzado también a los saberes náuticos; en su obra rectifica las posiciones del crucero del Norte por medio de observaciones propias, y enjuicia y pretende corregir los defectos en la práctica de navegar y en la formación de los hombres de su oficio. El zaragozano Pedro Porter dio a conocer la corredera (instrumento que permite estimar la velocidad del buque) en España, que ya se usaba desde 1590 en Inglaterra, aunque veía muchos inconvenientes en su uso. Llegó a ser almirante de la Mar del Sur, a ocupar la gobernación de Sinaola (1641-1647) y de Chile (1656-1661), y descubrió y exploró California a partir de 1643[59]. Para la defensa de los reinos y su conservación, por medio de los tratos y el comercio, en

---

58 Se conserva manuscrito en la Academia de la Historia madrileña, 9/3522, un interesante *Memorial para la fábrica de naos,* enviado por el capitán Diego López de Guitián a Felipe IV, en el que propone mejoras para la construcción de galeones, especialmente para su mayor fortaleza. El capitán López de Guitián sirvió en la escuadra del corso del duque de Maqueda y Nájera, un importante armador que aprestó una primera escuadra de seis navíos para el corso en 1623, y estuvo en activo hasta 1633. M.ª I. Vicente Maroto y M. Esteban Piñeiro: «Memorial para la fábrica de naos y fortificación de Diego López de Guitián», *Cuadernos de Estudios Borjanos,* L-LI, Centro de Estudios Borjanos, Institución Fernando el Católico, 2007-2008, pp. 147-169.

59 S. Bernabeu Albert: «El Almirante Pedro Porter y los errores de la navegación en el siglo xvii», *Estudios de Historia de la Ciencia y de la Técnica,* t. ii, Valladolid, Junta de Castilla y León, 1989, pp. 651-663.

su obra considera esencial la existencia de hombres expertos y versados en la náutica, para no perder lo adquirido en la extensa y poderosa monarquía; pero se muestra muy pesimista y alarmado por la situación de la náutica.

En España se mantuvo hasta el siglo XVIII el mismo sistema para la construcción de los vasos, sin planos y, en la mayoría de los casos, sin modelos previos a escala. Pero, como señala Fernández González, las proporciones de los navíos se van modificando: los cascos se alargan y se «afragatan», reduciendo sus obras muertas todo lo posible, como recomendaba el autor del *Diálogo*.

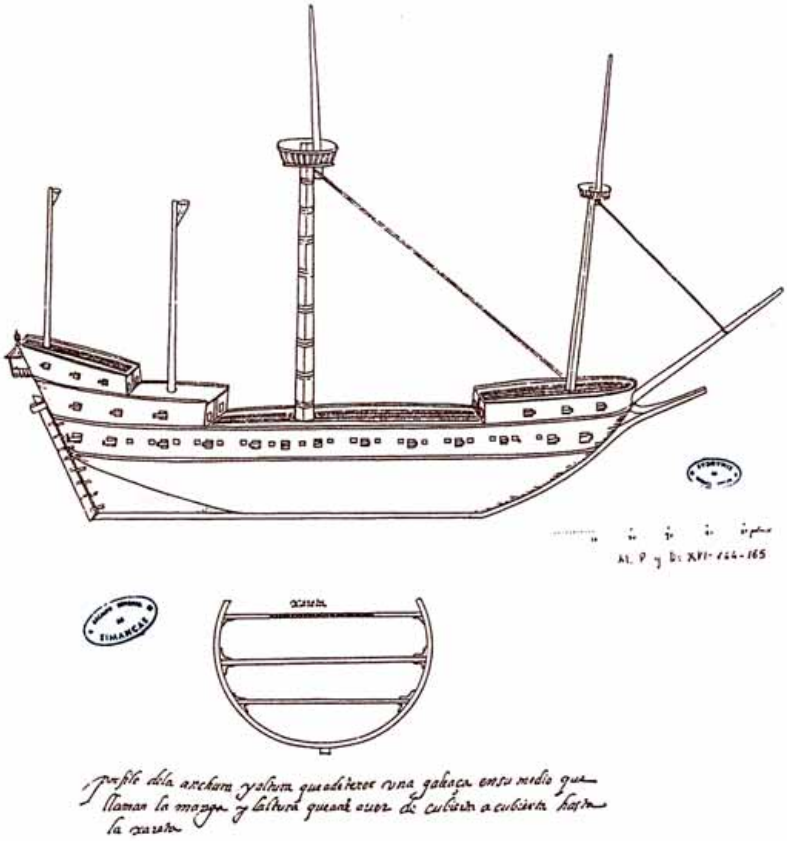
Las naos españolas se fabricaron sin planos hasta las ordenanzas de Gaztañeta, en 1712 (con retraso respecto a Francia o Inglaterra), lo cual no impedía que salieran unas naves fuertes y marineras, capaces de competir con ventaja con las de las demás naciones. Es indudable que los constructores conocían las formas y sabían cómo lograrlas, colocando maderos labrados con la «cuenta y razón» que convenía en cada caso. El método funcionó a la perfección, produciendo naos de la mejor calidad en la parte de Vizcaya y sus comarcas, cuando eran para navegar sus propios dueños; pero no ocurría igual cuando se construían para venderlas. No obstante, los planos se hacen necesarios por dos razones fundamentales: al igual que en la obra pública o la arquitectura (fuese militar o civil), cuando las formas y los elementos del barco los crea alguien que no está en el astillero, o alguien que no lo construye; la segunda, cuando la representación a escala se debe tomar como referencia para las medidas exactas, por ejemplo para repetir la misma construcción en una serie, en uno o varios astilleros, incluso en años distantes.

V

A MODO DE CONCLUSIÓN

Los hombres de mar ibéricos —a diferencia del resto de los pueblos marítimos europeos, que habitualmente navegaban por mares (Mediterráneo, del Norte, Báltico)— nada más salir de sus puertos se tenían que enfrentar con la ola oceánica. Ello les forzó a desarrollar prototipos navales dotados de la fortaleza estructural, agilidad y capacidad de maniobra requeridas para garantizar buques y vidas en medio tan hostil[60]. Según Bernard y otros autores, fueron ellos los introductores de los elementos más aprovechables de la tecnología naval mediterránea en el Atlántico y de

[60] J. L. CASADO SOTO: «Razones y sinrazones para el estado de opinión sobre la construcción naval española en el Renacimiento», 2006, pp. 431-444. Director del Museo Marítimo del Cantábrico, Casado Soto ha publicado numerosos trabajos, cuyos resultados, junto a los de otros historiadores, han permitido desmontar los tópicos que la Leyenda Negra fue estableciendo acerca de la supremacía naval inglesa sobre la española. En estas conclusiones nos hacemos eco de las suyas en el trabajo citado.



15.14. Galeaza-galeón: prototipo elevado al Consejo de Guerra, 1589 *(AG Simancas, Valladolid).*

la atlántica en el Mediterráneo[61]. Y fue en los astilleros cantábricos donde se llevó a cabo la integración de tales elementos, dando lugar al barco arquetípico de los grandes descubrimientos oceánicos renacentistas, la nao con aparejo redondo[62]. Aquellos barcos y aquellos hombres, junto con la tecnología ofensiva y capacidad guerrera, llegaron a ser en el siglo XVI el poder dominante sobre las aguas atlánticas europeas[63].

---

61 J. BERNARD: *Navires et gens de mer à Bordeaux (vers 1400-vers 1550),* París, Édition Jean Touzot, 1968.

62 J. L. CASADO SOTO: «Construcción naval y navegación», 2002, vol. II, pp. 433-501.

63 L. SUÁREZ FERNÁNDEZ: *Navegación y comercio en el Golfo de Vizcaya,* Madrid, CSIC, 1959.

España, y a otra escala cuantitativa Portugal, contaron con la mejor tecnología naval entonces disponible. Los descubrimientos y asentamientos colonizadores proporcionaron recursos económicos cuantiosos, así como información privilegiada y exclusiva sobre las fuentes de riqueza, cuya explotación y ampliación dependía en gran medida, precisamente, de la tecnología naval que la había hecho asequible. En consecuencia, las inversiones y estrategias para mejorar los buques y su armamento no cesaron de crecer durante todo el Renacimiento[64]. Los pueblos atlánticos ibéricos disponían de más recursos que cualquier otro, así como mayor interés en mantener su hegemonía. La Casa da India en Lisboa y la Casa de Contratación de las Indias en Sevilla canalizaron los esfuerzos normativos e inversores en tal sentido, pero el gran salto adelante se dio durante el reinado de Felipe II, mediante la racionalización de los procesos, la canalización de fuertes inversiones regulares y la creación de infraestructuras administrativas y operativas que pusieran en pie y mantuvieran el poderío naval español.

Cuando en los años cincuenta del siglo XVI se manifestó con especial premura la crisis de disponibilidad de buques con que atender a todas las «carreras», tanto pesqueras como mercantiles, además de a las permanentemente crecientes exigencias militares, el problema no radicaba en la reducción de la capacidad productiva, sino en el crecimiento desmesurado de la demanda. No solo eran los españoles quienes requerían cada vez más buques, más grandes, fuertes y marineros, sino que la alta calidad de aquella construcción naval generaba una amplia demanda externa, que no dudaba en pagar hasta un 50% más por un barco construido en el Cantábrico que por otro del mismo tonelaje labrado en cualquiera de las demás potencias navales del escenario europeo[65].

En consecuencia, se puede afirmar que España (junto con Portgal) contó durante los siglos XV y XVI con la mejor y más abundante flota de barcos oceánicos de Europa y con la mayor capacidad productiva de buques, sistematizada y apoyada por la Corona. Los hombres de mar y de astilleros españoles fueron muy creativos y eficientes a la hora de desarrollar nuevos prototipos de buques, tanto privados como de iniciativa pública. Pusieron en marcha procesos que permitieron una producción naval diversificada y técnicamente equilibrada, sometida tempranamente a formulaciones matemáticas, tratando de lograr una construcción estandarizada.

Pero la crisis económica —latente desde principios del siglo, que abocó en una bancarrota en 1627 y a una devaluación del 50% al año siguiente (año aciago en el que la Flota de Tierra Firme cayó en manos holandesas)— hizo que la hegemonía ibérica fuera dejando paso desde las primeras décadas del siglo XVII a los países del norte de Europa, tal como se refleja en los tratados de construcción de navíos y en la abun-

64 J. L. Casado Soto: «Aproximación a la tipología naval cantábrica en la primera mitad del siglo XVI», 1998, pp. 169-192.

65 J. L. Casado Soto, 1988.

dante documentación conservada. Aunque, como también destaca Serrano Mangas, autor de numerosos estudios sobre las Armadas de la Plata en el siglo XVII, la construcción naval española del siglo XVII no estaba atrasada, ni mucho menos[66], sino que se centraba en lo que convenía. Los barcos y la técnica naval se fueron adaptando a los distintos mares del globo terráqueo, y después de 1639 la Monarquía católica renunció definitivamente al control del mar del Norte y del Báltico; el repliegue hispano se concretó en blindar la carrera de Indias[67]. El tipo de navío que demandaba la conexión americana era muy diferente al utilizado por los países europeos —Inglaterra, Francia y Holanda— en sus duelos por la hegemonía, y la Administración española aplicó un admirable pragmatismo: un navío sólido, con las justas defensas y fabricado concienzudamente para durar, resistir y proteger su carga, frente al navío de línea, concebido exclusivamente para hacer la guerra, con el mayor número de cañones y con el menor costo posible. No existió, por tanto, tampoco en el siglo XVII, atraso español, sino desentendimiento de los asuntos europeos: la monarquía hispánica se centró en mantener su imperio americano, ignorando la complicada partida que se jugaba en los mares del Viejo Mundo.

Si acudimos a los testimonios de la época en estudio, Juan Escalante de Mendoza, en su *Itinerario de navegación de los mares y tierras occidentales,* manuscrito de 1575, destaca las bondades de los navíos fabricados en la cornisa cantábrica y en Portugal:

> Los castellanos pretenden hazer naos grandes y pequeñas y de todas suertes, modos y maneras para navegar con ellas todo el mar del mundo, y que sirvan de todas las cosas juntas a que sirven las de todos los reinos y provincias [de Europa] [...] Pero [...] está verificado que las mejores naos que antiguamente se solían hazer [...] los mejores maestros y aderezos de madera, clavazón, brea y cáñamo que hay para esta fábrica de navíos ordinarios, es en Vizcaya y sus comarcas [el Cantábrico], y, en lo más general, allí le dan la mejor traça, quenta y medida que pueden tener para, mejor y con menos riesgo y peligro, poder navegar, aunque las naos y galeones que en Lisboa se labran para sus navegaciones y armadas, son en todo más fuertes que otras ningunas, como para sus efectos se requiere.

---

[66] Todavía a mediados del siglo XVII, cuando se discutía la posibilidad de contratar la construcción de galeones en el extranjero, donde costaban casi la mitad que en el Cantábrico, al final los criterios de calidad marinera y seguridad acababan imponiéndose, por lo que los asientos se terminaban llevando a cabo en los cualificados astilleros de Cantabria o del País Vasco. (F. SERRANO MANGAS, 1989).

[67] F. SERRANO MANGAS: «Demandas de buques para flotas y avanzadas hispanas en el siglo XVII», en L. RIBOT y L. de ROSA (dirs.): *Naves, puertos e itinerarios marítimos en la época Moderna,* Madrid, Actas, 2003, pp. 111-126. Serrano afirma que la realidad histórica contrasta con la visión proporcionada por la literatura y la industria cinematográfica, ya que nunca tuvo lugar la rendición de un galeón de plata ante piratas; solo se produjo esa eventualidad frente a Armadas regulares, infinitamente superiores en la capacidad de fuego artillero y en contadísimas ocasiones: 1628 y 1656. El prestigio e imbatibilidad de los galeones que transportaban la plata americana perduró hasta la década de los cincuenta, hasta los desequilibrados sucesos con las potentísimas escuadras de Blake (p. 117).

Pero en 1631, el autor del *Diálogo entre un vizcaíno y un montañés sobre la fábrica de navíos* alaba las cualidades de los barcos de los países del norte europeo y escribe: «La nación que más se ha adelantado en este arte es la olandesa, que fabrica sus navíos muy fuertes, galanes sobremanera, y muy ligeros».

Bibliografía

Albuquerque, Luís, F. Contente Domingues y otros: *Dicionário de história dos Descobrimentos portugueses,* 2 vols., Lisboa, Círculo de Leitores, 1994.

Casado Soto, José Luis: *Los barcos españoles del siglo xvi y la Gran Armada de 1588,* Madrid, Instituto de Historia y Cultura Naval-San Martín, 1988.

— «Aproximación a la tipología naval cantábrica en la primera mitad del siglo xvi», *Itsas Memoria. Revista de Estudios Marítimos del País Vasco*, II (1998), pp. 169-192.

— «Aproximación a la galera española en el Mediterráneo durante la época de Felipe II», en *Felipe II y el Mediterráneo. IV: La Monarquía y los reinos,* Madrid, Sociedad Estatal para la Conmemoración de los Centenarios de Felipe II y Carlos V, 1999, pp. 331-348.

— «Construcción naval y navegación», en L. García Ballester (director), *Historia de la ciencia y de la técnica en la Corona de Castilla, Edad Media,* Valladolid, Junta de Castilla y León, 2002, t. ii, pp. 433-501.

— «Razones y sinrazones para el estado de opinión sobre la construcción naval española en el Renacimiento», en M. I. Vicente Maroto y M. Esteban Piñeiro (coords.), *La ciencia y el mar,* 2006, pp. 383-398.

Cerezo Martínez, Ricardo: *Las Armadas de Felipe II,* Madrid, Instituto de Historia y Cultura Naval-San Martín, 1988.

Contente Domingues, Francisco: *Os Navios do Mar Oceano. Teoria e empiria na arquitectura naval portuguesa dos séculos xvi e xvii,* Centro de História da Universidade de Lisboa, 2004.

— «El rigor de la medida: Unidades de medida lineal y de arqueo en la construcción naval ibérica en los inicios del siglo xvii», en M.ª I. Vicente Maroto y M. Esteban Piñeiro (coords.), *La ciencia y el mar,* 2006, pp. 371-381.

Fernández Duro, Cesáreo: *Disquisiciones náuticas,* 6 vols., Madrid, 1880. Reed. por el Instituto de Historia y Cultura Naval, Ministerio de Defensa, Madrid, 1996.

Fernández González, Francisco: *Arte de Fabricar Reales. Edición comentada del Manuscrito original de don Antonio de Gaztañeta Yturribalzaga,* Barcelona, 1992, 2 vols.

Fernández González, Francisco: «Gaztañeta y los grandes galeones de la Carrera de Indias», en *Actividad constructora naval y núcleos de población en torno a la Real Fábrica de Bajeles del Astillero de Guarnizo,* Santander, 1991, pp. 445-491.

Fernández Navarrete, Martín: *Colección de Documentos y Manuscriptos compilados por,* Museo Naval de Madrid-Kraus-Thomson, 1971.

— *Colección de los viajes y descubrimientos que hicieron por mar los españoles desde fines del siglo XV,* 5 vols., Madrid, Real Academia de la Historia, 1829-1859.

González Aller, J. I. (comp.): *Obras Clásicas de Náutica y Navegación*, CD-Rom, Madrid, Colección Clásicos Tavera, Digibis, 1998.

Goodman, David: *El poderío naval español. Historia de la armada española del siglo XVII*, Barcelona, Península, 2001.

— *Poder y penuria. Gobierno, tecnología y ciencia en la España de Felipe II,* Madrid, Alianza Universidad, 1990.

Mancho Duque, M.ª Jesús (dir.): *La ciencia y la técnica en la época de Cervantes: textos e imágenes,* Ediciones Universidad de Salamanca en CD, 2005.

Pérez Turrado, Gaspar: *Las Armadas españolas de Indias,* Madrid, Mapfre, 1992.

Rahn Phillips, Carla: «Spanish measurements reconsidered: the *Instrucción Náutica* de Diego García de Palacio (1587)», *Mariner's Mirror,* 73(3), 1987.

— *Seis galeones para el Rey de España. La defensa imperial a principios del siglo XVII,* Madrid, Alianza Editorial, 1991.

Ribot, L., y L. de Rosa (dirs.): *Naves, puertos e itinerarios marítimos en la época Moderna,* Madrid, Actas, 2003.

Rubio Serrano, J. L.: *Arquitectura de las naos y galeones de las Flotas de Indias (1590-1690),* 2 vols., Málaga, Seyer, 1991.

Serrano Mangas, Fernando: *Armadas y flotas de la Plata (1620-1648),* Madrid, Banco de España, 1989.

— *Función y evolución del galeón en la Carrera de Indias,* Madrid, Mapfre, 1992.

Trueba, Eduardo: «Tonelaje mínimo y arqueo de buques en Sevilla (siglo XVI)», *Revista de Historia Naval,* n.º 20, 1988, pp. 33-59.

Vicente Maroto, M.ª Isabel: *Diálogo entre un vizcaíno y un montañés sobre la fábrica de navíos,* Ediciones Universidad de Salamanca, 1998.

— «Agustín de Ojeda y la construcción de navíos a finales del siglo XVI», en M. I. Vicente Maroto y M. Esteban Piñeiro (coords.), *La ciencia y el mar,* 2006, pp. 311-344.

— y M. Esteban Piñeiro: *Aspectos de la ciencia aplicada en la España del Siglo de Oro,* Valladolid, Junta de Castilla y León, 1991; 2.ª ed., 2006.

VICENTE MAROTO, M.ª Isabel y M. ESTEBAN PIÑEIRO (coords.): *La ciencia y el mar,* Valladolid, Sever-Cuesta, 2006.

— «Memorial para la fábrica de naos y fortificación de Diego López de Guitián»: *Cuadernos de Estudios Borjanos,* L-LI, Centro de Estudios Borjanos, Institución Fernando el Católico, 2007-2008, pp. 147-169.

VV. AA.: *Obras españolas de náutica relacionadas con la Casa de la Contratación de Sevilla,* Madrid, Museo Naval, 1992.

16
Agronomía y geoponia

Jordi Cartañà i Pinén
Universidad de Barcelona

Durante el siglo XVI se produjo un importante crecimiento demográfico, que fue general en los países de la Europa occidental. Sirva como ejemplo el aumento de población del Reino de Castilla, que dobló el número de habitantes entre 1530 y 1594, pasando de tres a seis millones[1]. Por tanto, una de las características de los inicios de la época moderna en relación con la agricultura fue el gran incremento que experimentó la producción agrícola de primera necesidad como los cereales y la carne.

La mayor demanda de alimentos favoreció al sector agrícola, que incrementó la extensión de las tierras de cultivo mediante nuevas roturaciones y saneamiento de terrenos pantanosos y marjales. Numerosos prados destinados a la alimentación animal se convirtieron en tierras para el cultivo de cereales, y se procedió a la desecación de pantanos y a la construcción de diques para ganar terrenos. Este cambio de usos permitió aumentar notablemente el rendimiento energético, ya que la ganadería necesita diez veces más superficie que el cultivo de cereales para conseguir la misma cantidad de energía. En España esta transformación se realizó a expensas de los terrenos de la Mesta, produciéndose a principios del seiscientos una disminución del 60% de las cabezas de ganado.

El proceso fue de carácter extensivo, sin producirse ninguna mejora destacable en la productividad de los cultivos, que durante toda la Edad Moderna se situó, para España, Francia e Italia, entre 6,2 y 7 granos por cada semilla plantada[2]. Esta baja productividad generaba muy pocos excedentes, calculándose que el superávit acumulado por cada cuatro o cinco familias campesinas servía para alimentar solo a una que viviera en la ciudad.

El incremento de la población, la merma de terrenos dedicados al pastoreo y otras circunstancias menores produjeron una disminución de la ganadería que comportó un encarecimiento de la carne y una reducción del volumen de estiércol nece-

---

[1] B. H. SLICHER VAN BATH, 1974, p. 289; A. DOMÍNGUEZ, 1976, p. 76.

[2] P. KRIEDTE, 1982, p. 35; A. Domínguez indica una productividad aún más baja para España de cinco granos por cada uno plantado (A. DOMÍNGUEZ, 1976, p. 158).

sario para abonar los campos de «pan llevar»[3]. Los campesinos se vieron obligados a comprar en el exterior el estiércol que su finca no podía producir y se estimuló la búsqueda de nuevos abonos para los campos como la marga o la cal.

A pesar de que los tratadistas del Renacimiento ya conocían y fomentaban el monocultivo de determinadas plantas como alimento para el ganado, la descompensación entre el estiércol producido y el necesario se alargó, según Slicher van Bath, hasta mediados del siglo XVIII, en que, ya en los inicios de la revolución agrícola, se produjo un gran aumento del cultivo de plantas forrajeras.

La sustitución de los bueyes por mulas para realizar las tareas del campo fue en general negativo, ya que los surcos fueron menos profundos y se precisó más cantidad de cebada para alimentarlas, mientras que a los bueyes les bastaba con los rastrojos y las dehesas. La única ventaja que se podía atribuir a las mulas era la rapidez de las labores, pues araban el doble de superficie que los bueyes.

En España el cultivo de la viña aumentó notablemente a costa de la superficie cerealística. La producción de uva estaba menos afectada por los cambios climáticos y se requería menos mano de obra. La disminución de carne y la carestía consecuente obligó a las clases más humildes a incorporar el vino a la dieta diaria como fuente de calorías. La extensión del olivar fue más tardía y estuvo motivada posiblemente por cambios en los hábitos alimenticios[4]. A diferencia de Castilla y la zona mediterránea, los territorios del norte de España, Galicia y la cornisa cantábrica, fueron paupérrimos hasta que se generalizó el cultivo del maíz ya en el setecientos.

A mediados del siglo XVII la situación dio un vuelco al producirse la caída de los precios del grano en un 25 o un 30% respecto de su coste anterior. Este cambio, que afectó a toda Europa, estuvo influido por la Guerra de los Treinta Años, finalizada en 1648, y las diferentes pestes y otras epidemias que asolaron el continente. Se frenó la roturación de nuevos terrenos y numerosas tierras de cultivo retornaron a tierras de pastoreo, aumentando la ganadería y el cultivo de plantas forrajeras. En conjunto se produjo en esta época una «renovación escasa de la técnica agrícola y un escaso interés de los problemas de índole agrario»[5].

En España la despoblación de las zonas rurales alcanzó casi el 25%. Se incrementó la cría de ganado a nivel local, como complemento de la agricultura, continuando la pérdida de influencia de la Mesta y aumentando mucho el cultivo de la vid a expensas de los cereales.

El florecimiento agrícola acaecido en el siglo XVI y primera mitad del XVII favoreció la aparición en Europa de numerosos tratados técnicos relacionados con la agricultura, que ejercieron cierta influencia en los diferentes territorios y que fueron reeditados en numerosas ocasiones hasta bien entrado el siglo XIX.

---

[3] Era el nombre común que recibían los campos dedicados al cultivo de cereales.

[4] Antonio DOMÍNGUEZ, 1976.

[5] B. H. SLICHER VAN BATH, 1974, p. 305.

I

La literatura agronómica en el siglo XVI

La invención de la imprenta a mediados del siglo XV permitió recuperar la numerosa literatura agrícola que había aparecido durante los siglos anteriores y divulgarla entre las elites europeas. Las ideas de los geopónicos griegos, romanos y árabes fueron recogidas por los agrónomos renacentistas del quinientos y seiscientos y transferidas, con las adaptaciones oportunas, a nuevos textos traducidos del latín a las lenguas vulgares.

En España la *Obra de Agricultura* de Gabriel Alonso de Herrera[6], publicada en castellano en 1513, fue uno de los primeros textos agrícolas europeos escrito en una lengua románica y no en latín, como era costumbre. Si bien no pretendía ser el «inventor de esta arte de Agricultura, pues della, en griego y en latín, hay muchos singulares libros escritos», el autor indica que es «el primero que en castellano procure poner las reglas y arte dello [...] ponerlo en lenguaje que nunca estuvo, es cosa nueva y causa admiración»[7].

A finales del siglo, Gregorio de los Ríos publicó la primera monografía sobre jardinería con un enfoque agronómico[8] de Europa. Como él mismo indica en el prólogo de su *Agricultura de Jardines,* «podré dezir, con razón, ser yo el primero que escrive esta materia: y por esta razón muy escusado y disculpado en lo que aquí faltare»[9]. Miguel Agustí, un siglo después de la aparición del tratado de Herrera utilizaba los mismos argumentos para justificar la lengua en que debía escribir su obra. Indicaba la existencia de textos agrícolas en diversas lenguas y «vehent que ningú se es ocupat a escriure en nostra llengua cathalana» y que los agricultores no podrían utilizar estos libros por «no entendre les llengues», decidió «traduyr en nostre llengua cathalana, modos y traças, per encaminar los que exercitan la Agricultura»[10].

Paralelamente a las obras de Herrera, de los Ríos y Agustí, en los países de nuestro entorno también se publicaron textos agronómicos en las lenguas respectivas, cuyas ideas y métodos influyeron de manera determinante en el desarrollo agrícola de Europa hasta principios del siglo XIX, tal como demuestra el gran número de reediciones realizadas de algunas obras.

Uno de los primeros textos publicados en francés fue el de Jehan le Brie, que en 1379 escribió un manual sobre el pastoreo de las ovejas, publicado en París entre

---

6 En el resto del capítulo para referirnos a Gabriel Alonso de Herrera utilizaremos solamente el segundo apellido, Herrera, por el que es más conocido.

7 G. Alonso de Herrera, 1970, p. 6.

8 Sobre el diseño y las características generales de los jardines ya León Bautista Alberti les dedicó el volumen noveno de su *De re aedificatoria,* publicado en 1485.

9 G. de los Ríos, 1991, p. 263.

10 M. Agustí, 1617, Pròlech.

16.1. Portadas de las primeras ediciones de la* Obra de Agricultura *de Gabriel Alonso de Herrera (1513), la* Agricultura de Jardines *de Gregorio de los Ríos (1592) y el* Llibre dels Secrets de Agricultura *de Miguel Agustí (1617), y de la monumental edición crítica del tratado de Herrera realizada por la Sociedad Económica Matritense en 1818.

1486 y 1520 con el título de *Le bon bergier*. Más importante fue Charles Estienne (1504-1564), médico e impresor que publicó numerosas obras sobre botánica. Escribió un auténtica enciclopedia sobre la vida campesina y la agricultura que publicó en latín con el título *Praedium rusticum* (Paris, 1554) y que fue traducida al francés por el agrónomo Jean Liebaut con el titulo *L'agriculture et maison rustique (*Lyon, 1564). Bernard Palissy (1510-1589), científico y pintor, publicó en 1563 un *Traité des sels et de l'agriculture,* y finalmente Olivier de Serres publicó en 1600 *Le Théâtre d'Agriculture et Mesnage des Champs,* que sería la obra cumbre de la agronomía francesa y que, según parece, se inspiró parcialmente en la obra de Herrera. En las adiciones que en España escribió en 1818 Claudio Boutelou al libro I de su *Agricultura General* indicaba, refiriéndose a la posibilidad de que el trigo se convirtiese en centeno que

> no es estraña esta falsa proposición de Herrera, que cerca de un siglo después reprodujo Olivier de Serres en el capitulo cuarto de su *Théâtre de Agriculture,* en que trata de las simientes, que cotejado con lo que dice Herrera acerca de este mismo punto, se echa de ver que aquel *padre de la agricultura francesa* [cursiva en el original] puede reputarse por un hijo de la agricultura de Herrera en muchos puntos de su obra[11].

Posteriores a Herrera son también los textos italianos de Luigi Alamani (1495-1556) sobre el cuidado de los árboles y las máquinas dedicadas al cultivo que publicó en París en 1546 con el título de *La Coltivatione;* o los de Agostino Gallo (1499-1570), que en sus *Vinti giornate dell' agricoltura et de' piaceri della villa* de 1550 introdujo en Italia algunos cultivos escasamente conocidos como el arroz o la alfalfa, que solo era conocida en España. Fue utilizado por los campesinos italianos hasta el siglo XIX.

Los territorios anglosajones también tuvieron sus agrónomos notables, entre los que cabría destacar a los ingleses Thomas Tusser y Leonard Mascall (1546 -1605), que publicaron *A Hundreth Good Points of Good Husbandry* (Londres, 1557) y *A Book of the Arte and Maner How to Plant and Graffe all Sortes of Trees* (Londres, 1575), respectivamente. Mas tarde, Richard Weston relataría en *A Discourse of Husbandrie used in Brabant and Flanders* (1650) los métodos agrícolas utilizados en Brabante y Flandes, donde ya se iniciaban las primeras experiencias que posteriormente configurarían la revolución agrícola. Especialmente destacan las propuestas para la combinación de la agricultura con la ganadería, la selección de razas, el cultivo de forrajes como el trébol y los nabos, y se abogaba por la mecanización del campo y la potenciación de las industrias agrícolas[12].

En Alemania, Konrad Heresbach publicó en latín *Rei rusticae libri quatuor, universam rusticam disciplinam complectentes* (1570), de forma similar al resto de agró-

---

11 C. BOUTELOU, 1818, t. I, p. 52.

12 Sobre las experiencias en los Países Bajos en los siglos XVI y XVII ver J. CARTAÑÀ, 2005, p. 17.

nomos, donde recogía las ideas de los tratadistas agrarios clásicos adaptándolas a la nueva realidad del Renacimiento[13].

I.1. *Los autores geopónicos españoles*

Como hemos indicado anteriormente, los principales agrónomos españoles del Renacimiento fueron Gabriel Alonso de Herrera, Gregorio de los Ríos y Miguel Agustí, aunque otros personajes también dejaron escritos agronómicos que tuvieron cierta notoriedad.

Gabriel Alonso de Herrera nació en Talavera de la Reina en la década de 1470. Su padre era un hacendado acomodado, lo que le permitió dar estudios a sus cuatro hijos. Cursó la carrera eclesiástica en el Colegio de San Cecilio de Granada, institución creada por Hernando de Talavera, confesor de la reina Isabel y paisano de la familia, una vez reconquistada la ciudad. Los diez años que estuvo en Granada le permitieron entrar en contacto con el mundo árabe, accediendo a las obras agronómicas de Abencenif y otros geopónicos. En los primeros años del quinientos era muy conocido en la ciudad por su gran competencia en asuntos agrícolas, por lo que fue contratado por los marqueses de Mondéjar para gestionar el Carmen Alto. Entre 1503 y 1512 viajó por diversas regiones de España, parte de Francia, Italia y Alemania, donde conoció las técnicas y saberes agrícolas europeos. Su mentor en el seminario y su hermano Fernando, catedrático de Retórica de la Universidad de Alcalá, le recomendaron al cardenal Cisneros, quien le encargó la redacción de un texto para mejorar la situación de la agricultura en Castilla. El libro se publicó en 1513 con el título de *Obra de Agricultura, copilada de diversos auctores*[14]. Como recompensa, el cardenal de Toledo le benefició con la parroquia de San Miguel de Talavera. Aunque no se sabe con exactitud la fecha de su muerte, hay suficientes indicios para establecerla entre 1539 y 1546. Durante su vida se hicieron seis ediciones de la obra en Alcalá de Henares (1513, 1524, 1539), Toledo (1520, 1524) y Logroño (1528), en las cuales ordenó, añadió y modificó algunos aspectos de la primera edición. Posteriormente, una vez fallecido su autor, se realizaron 29 nuevas ediciones o reimpresiones[15], 15 en el siglo XVI; 9 en el XVII; 3 en el XVIII, y 2 en el XIX: la última en 1858[16]. En tiempos recien-

---

[13] J. V. MAROTO, p. 211 y ss.

[14] El libro se publicó en Alcalá de Henares por Arnao Guillén de Brocar. La segunda edición, impresa en Toledo en 1520, cambió el título por *Libro de Agricultura que es de labrança y criança y de muchas otras particularidades de las cosas del campo*. Todas las nuevas ediciones mantuvieron esta denominación, o similar, hasta la de 1620, que cambió a *Agricultura General*.

[15] La descripción bibliográfica completa de todas las ediciones, en M. Lagasca: «Lista de las ediciones de la *Obra de Agricultura* de Gabriel Alonso de Herrera, colocadas según los años en que se hicieron», en *Agricultura General de Gabriel Alonso de Herrera*, t. IV, 1819, p. 353-361, y J. U. MARTÍNEZ, 1970, pp. LXIX-LXXIV.

[16] Se ha encontrado una nueva edición del ochocientos, sin fecha ni autor y con el título *Tesoro de labradores. Agricultor práctico. Obra indispensable a todos los que se dedican a la agricultura en general,* impresa en la Librería Americana y compuesta de dos partes de 297 y 229 pp.

tes se han publicado algunas transcripciones del texto para su estudio, como la de 1970 y la de 1981 . En 2006 se ha publicado una edición en inglés.

Entre estas hay dos ediciones en latín (1577), seis en italiano (1568, 1577, 1583, 1592, 1608, 1633), todas ellas publicadas en Venecia, y una en francés, impresa en Rouen (1596)[17]. A partir de la edición de 1598 se incluyeron textos de otros autores que trataban de aspectos monográficos que no fueron desarrollados por Herrera.

Miguel Agustí nació en Banyoles (Girona) en 1560. Cuando publicó su obra era prior del Temple en Perpinyà y miembro de la Orden del Hospital de San Juan de Jerusalén. Falleció en 1630. En 1617 publicó en Barcelona el *Llibre dels secrets de Agricultura, casa rústica y Pastoril,* del que, al igual que la obra de Herrera, se hicieron numerosa ediciones. En la segunda edición (primera en castellano), publicada aún en vida del autor, se añadió un quinto libro sobre caza. En total se han contabilizado veinte ediciones hasta 1781, de las que diecinueve lo fueron en lengua castellana, y se publicaron una en Perpinyà (1626), tres en Zaragoza (1646, 1703, [s.a.]), cuatro en Madrid (1695, 1731, 1762, 1781), 11 en Barcelona (seis en 1722, dos sin fecha, 1749, 1762, 1770)[18]. Modernamente se han hecho ediciones facsímiles dedicadas a la divulgación y el estudio[19].

Además de estos dos grandes agrónomos, hubo un grupo de personajes que escribieron monografías que trataban de algunos aspectos parciales de la agricultura y que fueron incorporados a la obra de Alonso de Herrera en el siglo XVII, favoreciendo así su difusión.

Gregorio de los Ríos fue jardinero y capellán de la Casa de Campo durante el reinado de Felipe II, en el siglo XVI. Publicó en 1592 la primera monografía agronómica sobre jardinería de Europa, con el título *Agricultura de jardines*[20]. Se reeditó en 1604, y en 1620 se incorporó a la herreriana *Agricultura General* incluyendo una segunda parte que trataba sobre los árboles y que redactó antes de 1609[21].

Juan de Valverde Arrieta publicó en 1578 unos *Diálogos de la fertilidad y abundancia de España*[22], reeditados en 1581, y que desde 1598 serían también incorpora-

---

17 M. LAGASCA, 1819, pp. 314-351; J. U. MARTÍNEZ, 1970, pp. XI-XCVIII.

18 Para la descripción bibliográfica detallada de todas las ediciones, véase A. SOBERANAS: «Las edicions del 'Prior'», en M. AGUSTÍ: *Llibre dels secrets d'Agricultura, casa rústica i pastoril,* Barcelona, Altafulla, 1988, pp. 39-45.

19 La edición de 1617, en Barcelona, Altafulla, 1988, 1999; y la edición de 1722, en Valladolid, Maxtor, 2001.

20 *Agricultura de jardines, que trata de la manera que se han de criar, gobernar y conservar las plantas, y todas las demás cosas que para esto se requieren, dando a cada una su punto. Compuesta por Gregorio de los Ríos,* Madrid, P. Madrigal, 1592, 127 hojas en 8.º

21 J. FERNÁNDEZ e I. GONZÁLEZ, 1991, pp. 15-25.

22 *Diálogos de la fertilidad y abundancia de España, y la razón por que se ha ido encareciendo, con el remedio para que vuelva todo a los precios pasados, y la verdadera manera de cavar y arar las tierras. Compuestas por el bachiller D. Juan de Valverde Arrieta,* Madrid, Alonso Gómez, 1578 y 1581, 8.º (B. ANTÓN, n.º 250).

dos a las sucesivas ediciones de la *Agricultura General* con el título de *Despertador, que trata de la grande fertilidad, riquezas, baratos, armas y caballos que España solía tener, y la causa de los daños y falta con el remedio suficiente*[23], que se iría reproduciendo hasta la edición de 1790.

Diego Gutiérrez de Salinas (Brihuega, 1572-Alcalá, 1610) realizó experimentaciones agronómicas en diversos municipios de la provincia de Madrid y en Villafranca de los Caballeros y Alcázar de San Juan, en Ciudad Real. Se le ofreció una cátedra en la Universidad de Alcalá para exponer sus teorías, proponiendo una especie de seguridad social del campo, adelantándose en más de tres siglos. Escribió un *Discurso del Pan, del Vino, del Niño Jesús, para que los labradores den la sazón que conviene a la tierra*[24]*,* que se publicó en 1600 y que también se incorporó a las sucesivas ediciones del tratado de Herrera. El texto lo dividió en cuatro capítulos, en los que trataba de las malas costumbres de los labradores y sus remedios; los métodos de cómo labrar y preparar a tierra y las épocas y modos de sembrar, cultivar y recolectar; la viticultura y la vinicultura; y finalmente algunos principios y reglas de economía rural.

Otros dos textos que se incorporaron a la edición de 1620 y posteriores fueron el *Tratado breve de la cultivación y cura de las colmenas, y asimesmo las Ordenanzas de los Colmenares* (Alcalá, 1586) de Luis Méndez de Torres, que fue la primera monografía europea sobre apicultura[25], y el *Arte para criar la seda en Nueva España* (Granada, 1581) de Gonzalo de las Casas.

Francisco Gilabert i d'Alentorn, aragonés fallecido en 1638, señor de las baronías de Albelda, Tudela, La Vansa, La Sentia y Oriols, fue otro agrónomo renacentista. Estuvo muy vinculado a la corte hasta que se retiró a sus haciendas de Tamarite de Litera (Huesca), donde realizó diversas experiencias agronómicas. Entre otros, publicó unos *Discursos sobre la calidad del Principado de Cataluña* (Lleida, 1616), y en el campo agronómico una *Agricultura práctica* (Barcelona, 1626)[26].

Agrónomos de menor importancia pero que cabría citar fueron Gonzalo Hernández de Oviedo, gobernador del castillo de Santo Domingo en la Isla Española,

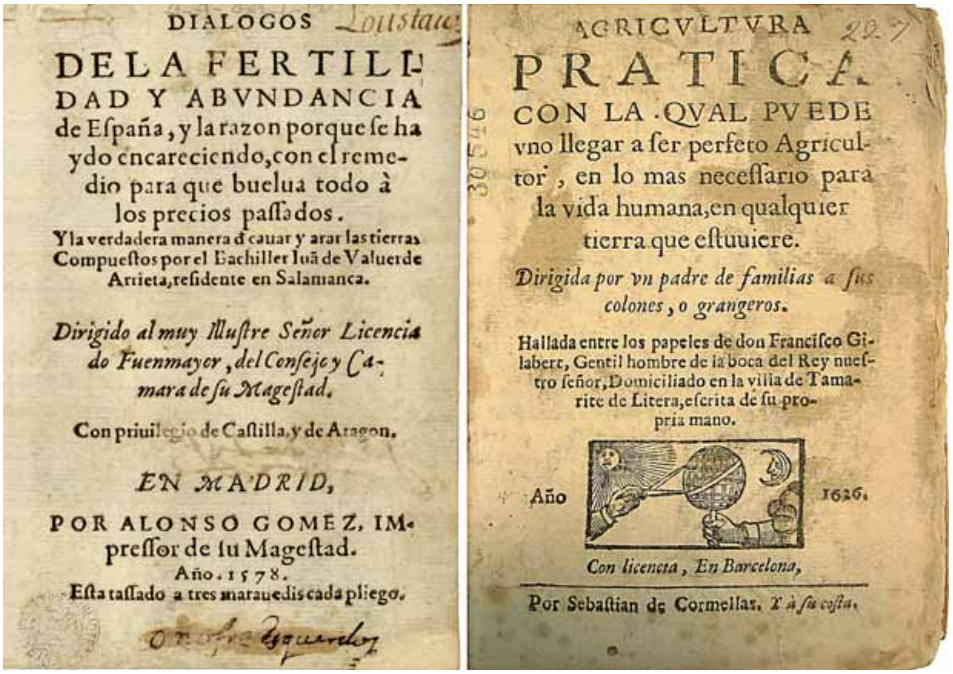
---

[23] Para la descripción bibliográfica de los anexos se ha utilizado la edición de 1790, pp. 321-356.

[24] *Discurso del Pan, del Vino, del Niño Jesus, para que los labradores den la sazón que conviene a la tierra, y el pan nazca dentro de tres dias a todo lo largo, y se entienda como se ha de dar la labor a las viñas, para que se coja la tercera parte más de uvas que se cogen ordinariamente, y se conserven más tiempo las viñas, y sea mejor el vino, y no se pierda, y otras curiosidades, y aviso tocantes a la Agricultura ; y para que aumente y componga la República,* Alcalá, Justo Sánchez Crespo, 1600 (K. Zinmermann, [s.d.], vol. xv, p. 246).

[25] J. Jaime Gómez y J. Jaime Lorén: *Historia de la Apicultura española. Desde los orígenes hasta 1492,* Calamocha, 2001-2002, 2 vols.

[26] *Agricultura práctica, con la qual puede uno llegar a ser perfeto agricultor en lo más necesario de la vida humana, en cualquier tierra que estuviese. Dirigida por un padre de familia a sus colonos y granjeros;* 8.º. Sobre Francisco Gilabert ver J. P. Rubies y Mirabet: *El pensament del cavaller Don Francisco Gilabert,* tesi de llicenciatura, Fac. Geografia e Historia, Barcelona, 1987.


DIALOGOS
DELA FERTILI
DAD Y ABVNDANCIA
de Eſpaña, y la razon porque ſe ha
ydo encareciendo, con el reme-
dio para que buelua todo à
los precios paſſados.
Y la verdadera manera d cauar y arar las tierras
Compueſtos por el Bachiller Iuã de Valuerde
Arrieta, reſidente en Salamanca.
Dirigido al muy Illuſtre Señor Licencia
do Fuenmayor, del Conſejo y Ca-
mara de ſu Mageſtad.
Con priuilegio de Caſtilla, y de Aragon.
EN MADRID,
POR ALONSO GOMEZ, IM-
preſſor de ſu Mageſtad.
Año. 1578.
Eſta taſſado a tres maraue dis cada pliego.
AGRICVLTVRA
PRATICA
CON LA QVAL PVEDE
vno llegar a ſer perfeto Agricul-
tor, en lo mas neceſſario para
la vida humana, en qualquier
tierra que eſtuuiere.
Dirigida por vn padre de familias a ſus
colones, o grangeros.
Hallada entre los papeles de don Franciſco Gi-
labert, Gentil hombre de la boca del Rey nueſ-
tro ſeñor, Domiciliado en la villa de Tama-
rite de Litera, eſcrita de ſu pro-
pria mano.
Año 1626.
Con licencia, En Barcelona,
Por Sebaſtian de Cormellas. Y à ſu coſta.

16.2. Portadas de las primeras ediciones de los textos agronómicos de Valverde y Gilabert: *(1) Juan de Valverde Arrieta,* Diálogos de la fertilidad y abundancia de España *(Alonso Gómez, Madrid, 1578), reeditado en 1581; desde 1598 fue incorporado a las sucesivas ediciones de la* Agricultura General *de Herrera con el título de* Despertador, que trata de la grande fertilidad, riquezas, baratos, armas y caballos que España solía tener, y la causa de los daños y falta con el remedio suficiente *(se reprodujo hasta la edición de 1790); (2) Don Francisco Gilabert,* Agricultura práctica, con la qual puede uno llegar a ser perfeto agricultor en lo más necesario de la vida humana, en cualquier tierra que estuviese. Dirigida por un padre de familia a sus colonos y granjeros *(Sebastián de Cormellas, Barcelona, 1626).*

que en su *Historia General y Natural de las Indias* (Salamanca, 1546) dedicó los libros 7.º y 8.º a la agricultura y los árboles frutales[27]; Jacobo Collantes de Avellaneda, que publicó en latín, en 1606, unos *Commentariorum pragmaticae in favorem rei frumentariae & agricolarum & rerum*[28]; Alonso Cano de Urreta, sacerdote murciano, párroco de Cazalega, cerca de Talavera, que escribió *Días de Jardín* (Madrid, Berbardino de Guzmán, 1619), libro que trata, entre otros temas, sobre el arado[29];

[27] K. Zinmermann, [s.d.], vol. xv, p. 241.

[28] *Commentarium pragmaticae in favorem rei frumentariae & agricolarum & rerum quae agriculturae destinatae sunt libri tres, autore Iacobo de Collantes & Avellaneda,* Madriti, apud Ludouicum Sánchez, 1606, [14], 224, [24] hojas, en 4.º

[29] Citado en K. Zinmermann, [s.d.], vol. xv, y B. Antón (n.º 253).

Bartolomé Jiménez Patón (Almedina, Ciudad Real, 1569-Villanueva de los Infantes, Ciudad Real, 1640), que estudió en el Colegio Imperial de Madrid y en Baeza, siendo profesor de latinidad en Alcaraz y catedrático de elocuencia en Villanueva de los Infantes. Publicó un *Discurso de la langosta, que en el tiempo presente aflige, y para el venidero amenaza* (Baeza, 1619)[30]. El aragonés Jaime Gil (Magallón, Zaragoza, 1585) publicó una *Perfecta y curiosa declaración de los provechos grandes que dan las colmenas bien administradas, y alabanzas de las abejas* (Zaragoza, 1621)[31].

No hace mucho se ha recuperado y publicado en Barcelona un manuscrito anónimo sobre técnicas de jardinería escrito en 1703, ya en época preilustrada, que con el título de *Cultura de jardins per governar perfetament las flors, arbres y plantas per la constellació de Barcelona*[32] es el segundo texto monográfico sobre jardinería después del de Gregorio de los Ríos.

Finalmente, Nicolás Antonio cita en la *Biblioteca Hispana Nova* dos textos agrícolas de los que Braulio Antón duda sobre si llegaron a imprimirse; son los *Diálogos de la Agricultura y provecho de las abejas,* del genealogista y agrónomo toledano Alonso de la Fuente Montalbán, y el texto *Sobre el sembrar y coger mucho en poco tiempo* de Manuel Enríquez de Guzmán[33].

I.2. *Las influencias de los autores clásicos en los geopónicos españoles*

Como ya se ha indicado anteriormente, tanto Alonso de Herrera como Miguel Agustí recogían en sus tratados los conocimientos agrícolas que habían ido acumulando en siglos anteriores los agrónomos griegos, romanos y árabes. Este autor nos hace saber las dificultades que encontró a la hora de hacer esta compilación de saberes: «concordar a las veces discordes auctores, cotejar, desechar, escoger, reprobar algunos usos antiguos y modernos»[34].

Era habitual entre los autores del Renacimiento el uso de la tradición escolástica que consideraba las fuentes clásicas indiscutibles y de obligada cita, aunque se podía opinar y en algunos casos discrepar de ellas.

Muy estricto en este aspecto, el talaverano citó con gran rigor y exactitud, ya en el texto, ya en notas, las fuentes de donde extraía las informaciones, lo que ha permitido realizar un estudio pormenorizado de las obras que consultó para la redacción

---

30 B. Antón, 1865, n.º 266.

31 K. Zinmermann, [s.d.], vol. xv, y B. Antón (n.º 788). Un estudio sobre su obra en José M.ª de Jaime Lorén y José de Jaime Gómez: «Jaime Gil (Magallón, 1585), autor de uno de los libros más importantes de la historia de la apicultura española», *Cuadernos de Estudios Borjanos,* lxiii-lxiv, Borja, Institución Fernando el Católico, 2000-2001, 47 pp.

32 «Cultura de jardins per governar perfetament las flors, Arbres y Plantas per la Constellació de Barcelona. Dedicat a la Diosa Flora. Any de 1703», en García Espuche, 2008, pp. 177-224.

33 B. Antón, n.º 249 y 905.

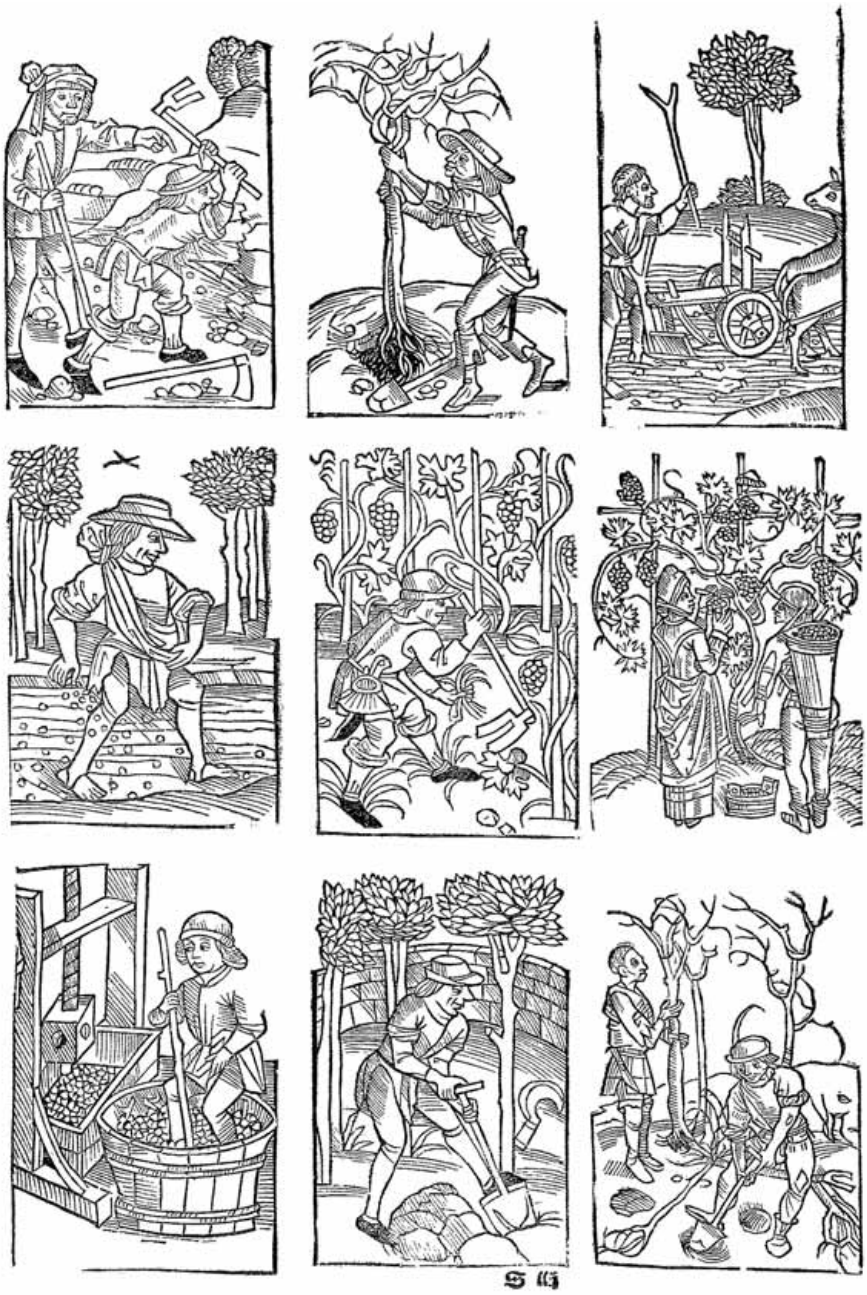
34 G. Alonso de Herrera, p. 6.

16.3. Actividades agrícolas distribuidas en los doce meses del año. *Entre otras se puede observar el trasquilo de las ovejas en abril, la siega y trilla en los meses de verano o la vendimia en octubre.* (Manuscrito francés de Pedro Crescendi, mediados del siglo XV).

de su libro y, por tanto, de las influencias que recibió. En total escribió unas 3800 citas, repartidas principalmente entre 14 autores. De estos, cuatro los citó entre 500 y 900 veces, cuatro entre 100 y 500 y seis menos de 100.

El autor más destacado fue Crescentino (Pietro de Crescenzi) (1233-1320), considerado por algunos el primer agrónomo del Renacimiento y que representa el 24% de las citas. Natural de Bolonia, estudió en su universidad. En 1309 recibió el encargo de Carlos II de Nápoles de escribir un texto agrícola dirigido a los conventos. Su obra *Opus ruralium commodorum sive de agricultura. Libri XII,* publicada en latín en Augsburgo en 1471, era un compendio de los geopónicos clásicos, a los que añadió muchas observaciones personales, y se reeditó numerosísimas veces[35].

[35] Durante el siglo XV se realizaron doce ediciones en latín y se tradujo al italiano (Florencia, 1478), reeditándose 18 veces. En 1373 se tradujo el manuscrito al francés por orden de Carlos V, publi-



***16.4. Xilografías correspondientes a diversas labores agrícolas recogidas por Pedro Crescendi en su* Opus ruralium.** *Aunque la obra fue escrita en el siglo XIV, está considerado por muchos como el primer agrónomo del Renacimiento* (Petri de Crescentiis Civis Bononiensis in commodi ruralium cum figuris libri duodecim, *Spirae, Petrus Drach, [h. 1490-95]) (Bibl. Prov. de Córdoba).*

El segundo autor más citado es el gaditano Lucius Junius Moderatus *Columella*[36] (Cádiz, ?-Tarento, 50-60 d. C.). Sus *De re rustica* ['Sobre la agricultura'] y *Liber de arboribus* ['Libro de los árboles'] están considerados como el repertorio más amplio y documentado sobre agricultura romana. Inspirado en autores latinos anteriores, como Catón el Viejo o Varrón, divide su obra en doce libros, donde trata tanto de la práctica de la agricultura como de la ganadería y veterinaria. Aborda cuestiones como la elección de la tierra, el necesario suministro de agua, la labranza, la fertilización con abono, el cuidado de las viñas y el de los frutales. Asimismo, describe las tareas del granjero y de su esposa, o comenta cuestiones relativas a la ganadería (vacuna y ovina), los caballos, las aves de corral, los peces y las abejas.

Los otros dos autores que también influyeron notablemente en Herrera fueron Plinio el Viejo (17% de las citas) y Paladio (15%). Cayo Plinio Segundo (Como, 23-Stabia, Nápoles, 79) fue un militar y naturalista romano que escribió una *Historia Natural*. Cuando se publicó en 1469[37] se distribuyó en 37 libros, de los cuales 15 trataban sobre botánica, viticultura y olivicultura, floricultura, arboricultura y plantas medicinales. Rutilio Tauro Emiliano Paladio fue un agrónomo romano del siglo IV. Su obra se centró fundamentalmente en la economía agrícola, estructurándose en 14 libros con el título de *Opus agriculturae* o *Geopónicas*. En ellos hace un estudio exhaustivo sobre los cultivos agrícolas, en particular la viña y el olivo, sobre ingeniería rural, cría y cuidado del ganado e industrias rurales. El último libro de la obra, titulado *De Insitione,* trata de los injertos. Paladio está considerado el último de los agrónomos latinos. Su obra se publicó junto con la de otros geopónicos a finales del siglo XV[38].

El resto de geopónicos, citados en menor proporción, son el botánico griego Teofrasto, Marco Terencio Varrón, el médico persa Avicena, para el uso medicinal de las plantas, y el árabe español Abencenif. Algunos otros autores escasamente citados fueron Platina, Aristóteles, Bartolomé de Inglaterra para la ganadería, Magnino y Catón el Censor.

La influencia no solo afectaba a los métodos agrícolas sino también a la estructura lingüística global de la propia obra. Así, según M.ª Pilar Cuartero[39], la obra de Herrera

---

cándose en 1486 *(Livre des prouffits champestres et ruraulx touchant le labour des champs, vignes et jardins)*, con 15 ediciones posteriores. También se reeditó doce veces en alemán desde 1493. Se puede consultar una edición facsímil en <http://www.juntadeandalucia.es/cultura/bibliotecavirtualandalucia/>.

36 A pesar de que J. I. García Armendáriz indica que Plinio y Paladio superan a Columela en número de citas, el recuento realizado en el texto publicado en 1970 nos da 667 citas para Columela, 623 para Plinio y 550 para Paladio.

37 *Naturae Historiarum libri XXXVII,* Venetia, Johannes Baptista Palmarius, 1499, 538 fols. sin numerar.

38 *Scriptores rei rusticae. Cató. De re rustica. Varró de re rustica. Columel.la. De re rustica. Palladius. De re rustica,* Regii [Regio de l'Emilia], Franciscus de Mazalibus, 1499.

39 M. P. CUARTERO, 1993, p. 86.

16.5. «Regla escuadra» y «báculo de Geometría» y manera de usar ambos instrumentos en agrimensura en los siglos XVII y XVIII.. *A pesar de que las imágenes distan más de cien años, las realizaciones tipográficas no difieren apenas. (Miguel Agustí:* Libro de los secretos de Agricultura, *Barcelona, edición en catalán de 1617, y en castellano de 1722).*

sigue la estructura del *De re rustica* de Columela o el *Opus agriculturae* de Paladio, que presentan un texto estructurado y dividido en libros y capítulos con indicación del tema tratado. Por el contrario, los *Diálogos de la fertilidad* de Juan Valverde de Arrieta copian el modelo de la obra de Varrón *Res rusticae,* estructurándola en forma de diálogos entre dos personajes, con unidad de lugar. La obra de Gregorio de los Ríos sigue un tercer modelo, el *De agricultura* de Catón, que no tiene estructura interna y es un compendio de preceptos y recomendaciones, con un objetivo didáctico.

Respecto de las influencias que recibió Miguel Agustí, fueron principalmente las de Charles Estienne y J. Liebaut, y sorprende que no cite a Herrera, del que con toda probabilidad conocía su obra[40].

II

Estructura y organización de la obra de Gabriel Alonso de Herrera

Su manual está dirigido a los agricultores y a «cualquier persona que entiende en labrar el campo sea rey o roque»[41]. Es un libro técnico en el que no se pretende profundizar en aspectos teóricos o hacer reflexiones científicas, que «dexa para contemplación de filósofos que escodriñan los secretos y fuerza de la natura»[42].

Distribuye su obra en cinco libros de extensión variable. En el primero trata de los tipos de tierras más adecuados para el cultivo, las operaciones culturales más habituales como la preparación de la semilla, la siembra, la forma de arar, la escarda, la siega y la trilla. A continuación, como si de un tratado de fitotecnia especial se tratara, va concretando las necesidades particulares de cada uno de los cereales y legumbres así como de algunas plantas textiles como el lino y el cáñamo. Este primer libro ocupa solo el 10,63% del total del texto, lo que no concuerda con la importancia que en aquel entonces tenían estos cultivos en relación con la alimentación.

Dedica bastante espacio a hablar de las semillas, a las que considera muy importantes para conseguir una buena cosecha de cereales: «la simiente principalmente sea nueva [...] muy granada, muy llena, no arrugada, muy pesada, no húmeda ni mojada; el grano lleno, duro, pesado, seco, sea limpio»[43], y, aunque de una forma empírica, ya propone la selección y mejora de la simiente: «es también bueno cuando muchas espigas nascen de un grano, escogerlas y limpiarlas aparte y sembrarlas por si junto a

---

[40] Sobre las influencias en Miguel Agustí ver: J. Giralt: «Les fonts del Llibre dels Secrets de Agricultura de fra Miquel Agustí (1617)», en L. Negro Acedo (ed.): *Mélanges offerts à Charles Leselbaum,* París, Éditions Hispaniques, 2002, pp. 327-339.

[41] G. Alonso de Herrera, 1970, p. 102.

[42] G. Alonso de Herrera, 1970, p. 102.

[43] G. Alonso de Herrera, 1970, p. 19.

la haza[44] e otro año hacer otro tanto hasta que de aquella simiente tenga tal copia y cuantidad que pueda sembrar más en grueso»[45]. Desaconseja acertadamente la mezcla de granos de cereales diversos para la siembra, porque «hay algunos que cuando son los años algo contrarios mezclan candeal y trechel, porque si lo uno no, sino que lo otro acierte, no me parece que hacen bien en mezclar», y en todo caso habría que sembrar dos campos con trigos diferentes. Por el contrario, cae en el mismo error que Teofrasto, al indicar que «en las tierras muy frías y de poca virtud, en dos veces que se siembra [trigo] una simiente se torna centeno». Claudio Boutelou refutó absolutamente la creencia que una especie pudiese transformarse en otra porque «la sana razón, la esperiencia y las leyes inmutables de la naturaleza y de la vegetación nos manifiestan lo absurdo de esta opinión»[46]. No obstante, fue un error muy común hasta el siglo XIX, incluso entre eruditos de gran nivel intelectual como Feijoo, que en su *Teatro Crítico* explica un caso de transmutación de trigo en centeno en dos años. Esta falsedad también la incluyó Olivier de Serres en su *Théâtre d'Agriculture*.

El segundo libro es un completo manual de viticultura y enología y ocupa el 13,45% de todo el texto. No solo se explican los diferentes aspectos técnicos del cultivo de la viña, incluidos el injerto, las diferentes variedades de uvas y las enfermedades más comunes sino también la manera de vendimiar, las características de la bodega, la elaboración del vino y el vinagre, sus características y la elaboración de las pasas. Para discernir la calidad de los vinos considera cinco características: «color, sabor, olor, sustancia, edad»[47], exactamente las mismas que estiman actualmente los enólogos a la hora de catar un vino.

A pesar de formar parte de la dieta alimenticia habitual de las clases más modestas, estima perjudicial su ingesta abusiva, ya que «amengua las fuerzas, enflaquece los nervios y mata el calor natural», por lo que «los maridos cuando llegan al acto de la generación, no beban vino» y así «no resquemarán su simiente y harán mejor generación»[48]. Duda de los consejos de San Pablo favorables a la bebida, porque

> ¿Quién tendrá esta templanza que no se vaya poco a poco de rienda sin sentido? [...] El que una vez se avicia a ello, no se puede desvezar, como lo vemos en algunos nobles de nuestra Castilla, que de muy assados los hígados, han venido en total corrupción y muerte muy temprana[49].

---

[44] *Haza:* Campo donde se ha segado el trigo (Real Academia Española: *Diccionario de la Lengua Castellana, en que se explica el verdadero sentido de las voces, su naturaleza y calidad, con la phrases o modos de hablar, los proverbios o refranes, y otras cosas convenientes al uso de la lengua...,* Madrid [en lo sucesivo, *Dic. de Autoridades*], t. IV, 1734).

[45] G. Alonso de Herrera, 1970, p. 19.

[46] C. Boutelou, 1818, p. 51.

[47] G. Alonso de Herrera, 1970, p. 93.

[48] G. Alonso de Herrera, 1970, p. 92.

[49] G. Alonso de Herrera, 1970, p. 93.

La tercera parte de la obra la dedica a la arboricultura, tanto de los árboles frutales como de las especies forestales e incluso alguna de ornamental. Es el libro en que el autor se extiende más, dedicando un 31% del texto. El cultivo de los árboles es sin lugar a dudas la actividad agrícola más elogiada y sobre la que más insiste por las numerosas ventajas que conlleva. Considera que «en los árboles no hay tanto trabajo como en las viñas y hay más provecho y deleite», el cuidado de los árboles es «tan sancto, tan agradable y deportoso y de tan poco trabajo que cuasi menos no puede ser [...] que sembrar los campos de pan solamente aprovecha a los que lo siembran, mas poner árboles, es para hijos y nietos y muchas generaciones»[50].

El autor dictamina, para no dejar dudas, que «toda planta que tiene simiente, tiene fuerza en ella para nascer» y explica con mucho detalle los sistemas basados en la reproducción asexual, para facilitar y acelerar la multiplicación de los vegetales. Citando literalmente a Crecentino dice:

> En los árboles y en todas las otras plantas hay tres maneras de nacer; que unas nascen de simiente, otras de una mezcla de los elementos y virtud o influencia celestial, y desta no se ha de hablar al presente, otra de ramos y barbados. Plantar de ramo es de tres maneras. O estaca cortada, o rama desgarrada, o pua para enxerir[51].

Desarrolla ampliamente el tema de los injertos describiendo ocho tipos, más o menos los mismos que se usan en las técnicas reproductivas actuales.

A pesar de las excelentes descripciones sobre los injertos, reconocidas por Antonio de Arias en 1818, Herrera cometió algunos errores importantes, al no atreverse a desautorizar a los geopónicos clásicos y aceptar como ciertos algunos aspectos que formaban parte de las creencias populares desde la Edad Media. Admitía la posibilidad de injertar olores, colores y medicamentos o que saliesen los frutos sin hueso o cambiar su forma. No obstante, sus observaciones y ensayos le llevaron a afirmar que la mejor forma de injertar era «de semejante a semejante, como de peral en toda manera de perales y cermeños[52], y de manzano en toda manera de manzanos, pueros y camuesos[53], duraznos en almendros, priscos y albérchigos».

Un aspecto que interesaba especialmente al autor era la existencia de plantas monoicas con los sexos separados en pies masculinos y femeninos diferenciados: «En muchos linajes de árboles hay machos y hembras». Recogiendo las ideas de los autores clásicos, indicaba que el caso más evidente es el de las palmeras, que, «si no hay entre muchas hembras un macho, no brotan ni dan su fructo tan bien». No obstante, se equivoca cuando el caso de las palmeras lo generaliza a la mayoría de árbo-

---

50 G. Alonso de Herrera, 1970, p. 99.

51 *Enxerir:* Injertar; G. Alonso de Herrera, 1970, p. 112.

52 *Cermeño:* Árbol semejante al peral cuyo fruto son las cermeñas (*Dicc. de Autoridades,* t. II, 1729).

53 *Camueso:* Variedad de manzano que da frutas de gran calidad.

les: «creer és que en los otros árboles no será menos; que la natura en estas cosas que son ordinarias no crió cosa superflua»[54].

El libro cuarto trata de las características que habían de tener los huertos, describiendo los métodos de cultivo y las características de 39 especies hortícolas utilizadas tanto para la alimentación como en usos medicinales. Esta parte ocupa un 16,3% del total.

Aparte de la descripción monográfica de cada vegetal, trata también de los abonos, tema que ampliaremos más adelante, y el de las plagas y enfermedades de las plantas y la lucha contra los depredadores. Entre los remedios mezclaba el uso de técnicas y productos que actuaban como excelentes insecticidas y fungicidas —con una base científica muy sólida basada en la experiencia y la observación— con supersticiones y creencias ancestrales sin ningún fundamento, pero tan arraigadas que aún actualmente, en el siglo XXI, perduran en determinadas capas de la población. Sirva como ejemplo del primer caso el uso del azufre, o derivados del aceite vegetal o mineral para la lucha contra los «piojuelos y otras sabandijas», el uso del rejalgar[55] como veneno para matar a los topos[56] o la mezcla de ceniza y vinagre para neutralizar el pH del suelo y así solucionar fisiopatías producidas por los suelos ácidos. Por el contrario, en el ámbito de las supercherías proponía el uso de corazones de «avechucho»[57], de abubillla o de murciélago para ahuyentar las hormigas. También relata un método para exterminar el piojuelo de las hortalizas propuesto por Columela y Paladio, en el que Herrera cree como un fenómeno común y normal, aunque «al vulgo paresce cosa de hechicería no lo querría poner más es cosa natural y no es mal». Explica el autor que «una mujer cuando tiene su flor dé dos o tres vueltas descalza en derredor de la era y que caerá todo el piojuelo y no es de maravillar pues tanta es en aquel tiempo su ponzoña que mancha un espejo si a él se mira y aun muchas veces le quiebra, como por experiencia se ve, pues no es mucho que mate el piojuelo»[58].

---

[54] G. Alonso de Herrera, 1970, p. 113.

[55] El rejalgar es un mineral compuesto de arsénico y azufre, altamente venenoso. En la monografía *La Phytopharmacie Française. Chronique historique,* de J. Lhoste y P. Grison, se indica que no fue hasta finales del siglo XVII cuando se empezaron a utilizar derivados del arsénico como insecticidas (cit. por J. V. Maroto, 1998, p. 210). Como se puede ver en el texto, Herrera ya los utilizaba a principios del Quinientos para el exterminio de las plagas de topos.

[56] Miguel Agustí proponía otro método muy curioso para eliminar los topos. Consistía en colocar un topo dentro de un «vaso de barro envidriado» donde se encendía azufre. Al sentir el olor, el topo cautivo «gritará, pidiendo favor con una *voz piadosa* y con aquel grito las demás vendrán» y así se podrá proceder a su muerte.

[57] *Avechucho:* Aves de aspecto desagradable.

[58] G. Alonso de Herrera, 1970, p. 217. Miguel Agustí también recoge en su manual este curioso método de lucha biológica contra las plagas. Aún actualmente es creencia muy extendida entre las señoras de edad avanzada que tocar las plantas durante el periodo de la menstruación es pernicioso y marchita las hojas, pudiendo llegar a matar el vegetal.

Como el mismo autor indica, el quinto libro trata de «algunas animalias que comunmente pertenescen y son necesarias a la vida de los hombres para su mantenimiento». Después del tratado sobre los árboles, es el capítulo más extenso, dedicándole un 24,1% del total de la *Obra de Agricultura*. Se extiende especialmente en el estudio de las abejas y la fabricación de la miel, aunque reconoce no ser un experto en este tema : «decir todo lo que dellas se escribe, a mi es dificile [...] y si en algo errare o bien no dixere, haya perdón»[59]. Posiblemente por no considerarse un experto los editores de las ediciones posteriores incluyeron el texto de Luis Méndez.

También escribió sobre los ánsares y ánades, gallinas y huevos, palomas, palomares y los pavos reales, que el denominaba «pavones», a pesar de que «más pertenecen a personas de ciudad que a labradoras». Del ganado ovino trata de las cabras y ovejas, de las formas de su alimentación, de los establos, de cómo realizar el tresquilo de la lana y de la fabricación de quesos y sus propiedades. Asimismo, da instrucciones sobre determinados aspectos pecuarios como los pastores y los perros, que son «muy necesarios para la guarda del ganado».

De los cerdos o puercos, además de las condiciones de su crianza, se refiere a la fabricación de la cecina, porque, «aunque otras carnes se puedan bien salar y guardar, por ser esta la más principal cecina, hago capítulo della». El apartado lo acaba defendiendo el ganado vacuno como suministrador de trabajo y carne. El autor se manifiesta como un ferviente antitaurino, censurando que

> mayormente en nuestra España matan los toros con un peligroso placer, echándoles lanzas y garrochas como si fuesen malhechores, no teniendo culpa, y lo que es mayor error, hacerse en honor de sanctos y en sus fiestas [...] bien creo que no aprovechará decir esto, mas no lo callaré, siquiera por satisfacer a mi consciencia [...] a saber qué placer se puede haber de matar a lanzadas y cuchilladas a una res de quien ningún mal se espera, antes mucho provecho[60].

También es muy crítico con la costumbre de matar las vacas adultas para carne, incluso las «vacas parideras», perdiéndose la madre y la cría y disminuyendo la cabaña de terneros, «muy mejor se hace en la Italia, en Francia y aun en essos reinos de Aragón que en Castilla, que no matan hembras salvo cuando no pueden ya parir». También introduce la cuestión de los pastos, los métodos de engorde y la doma de novillos. En todos los tipos de ganado describe las enfermedades más comunes que padecen, así como los remedios más necesarios para su curación.

A principios del siglo XVI aún no se había introducido el uso masivo de mulas y caballos en las tareas rurales, siendo su utilidad en este sector muy pequeña. Por eso, nuestro autor hacía escasa mención de ellos. El ganado vacuno es el gran protagonista del trabajo agrícola: «trabajan al abrir las tierras, al sembrar, al coger, al tri-

---

59 G. Alonso de Herrera, 1970, p. 265.

60 G. Alonso de Herrera, 1970, pp. 331-332.

llar, al traerlo a casa, al carretear, traer leña, piedra y cuantos trabajos y cargos queremos»[61].

A lo largo de la centuria se produjo la introducción masiva en la agricultura del ganado equino, especialmente de las mulas, por la mayor rapidez con que hacen las labores, provocando una de las grandes polémicas surgidas en nuestro país: los beneficios o inconvenientes que reportaba el arar con mulas o con bueyes[62]. Como ejemplo de posiciones véase, por un lado, la defensa encendida de Juan Valverde de Arrieta a favor del ganado vacuno:

> Ya que habéis visto el gran mal que a España ha venido por haver dexado de arar, sembrar y carretear con bueyes, y haver admitido en su lugar mulas [...] La mula y macho, come o gasta lo que labra, y más: el caballo la mitad; la yegua pare y sirve estando preñada; el buey gana, y da once, come y gasta una y da diez [...] [Si volviesen los bueyes] podría tornar España a la fertilidad y abundancia de aquellos siglos dichosos, recobrando el nombre y fama debida de fértil, abundosa, rica y poderosa de armas, caballos y navíos, entre todas las mejores, y mas señaladas Provincias del mundo[63].

Por el contrario, Miguel Agustí defiende el uso de las mulas, por ser más rápidas en las labores:

> El arar en tierras fuertes, mejor se hace con caballos, y mulas, que con bueyes, ni bacas, porque no son prontas, ni de tanta execución como los cavallos; si bien es verdad, que el arar con bueyes, no se hace sinó en partes donde tienen abundancia de yervas para rumiar [...] que tanto hace un par de mulas, como dos pares de bueyes[64].

Como resumen final, Herrera presenta un sexto libro en el que enumera todos los trabajos del campo según los meses del año y en función del creciente o menguante de la luna, y unas nociones sobre meteorología, que recopila de algunas obras clásicas como los *Metauros* de Aristóteles, Plinio, las *Geórgicas* de Virgilio, Tolomeo y el anónimo *De mutatione aeris*. Estas «señales de los temperos y mudanzas y algunas señales de lluvia, vientos, serenidad y tempestades», como titula el capítulo dedicado a semejantes menesteres, las considera de muy difícil entendimiento.

Respecto a la influencia de la luna y otros astros en el cultivo y la producción de los vegetales, el autor del texto sigue a los clásicos y la costumbre ancestral entre los

---

61 G. Alonso de Herrera, 1970, p. 331.

62 Recogen y participan de esta polémica (siglos xvii a xix), entre otros: Lope de Deza: *Gobierno político de Agricultura,* Madrid, Vda. de Alonso Martín de Balboa, 1618, p. 63 y ss.; Benito Feijoo: *Teatro Crítico Universal,* «Honra y provecho de la Agricultura», discurso xii, n. 64 a 72; Antonio Ponz: *Viage [sic] de España,* Madrid, Ibarra, 1792; Fermín Caballero: *Fomento de la población rural*, 3.ª ed., Madrid, Imp. Nacional, 1864, p. 212 y ss.

63 J. Valverde [1578], 1790, pp. 347-349.

64 De cara a conseguir un texto homogeneizado y facilitar así la lectura, para las citas literales de Miguel Agustí se ha utilizado la edición castellana de 1722, cuyo texto es idéntico a la primera edición catalana de 1617 (M. Agustí, 1722, pp. 168-169).

campesinos. Considera que los agricultores no tenían capacidad para el estudio de los astros y sus influencias y se pregunta «¿cómo podrá alcanzar un rústico e ignorante labrador, que ni aun hartos letrados de nuestro tiempo y médicos que de ciencia se alaban y presumen y a quien más esto pertenece saber aún no conocen este nombre astrología ni aún hacia donde se mueve el cielo? y ¿[cómo se puede mezclar] tan alta y divina ciencia como es el conocimiento de las estrellas con la rusticidad y grosseza de los labradores?»; y él mismo se responde indicando que escribiría algunas señales de los tiempos «fáciles de entender», como que «la multiplicación así como sembrar, plantar, enxerir las haga en creciente de luna» y el resto, aquellas operaciones que consistan en «consumir», se hagan en menguante[65].

La posición de los ilustrados en el siglo XVIII era radicalmente opuesta a estas creencias tan arraigadas en la sociedad y que vindicaban un papel importantísimo de la luna en el crecimiento y productividad de las plantas. Así se manifestaba Claudio Boutelou al respecto:

> Todos los autores antiguos, y muchos de los modernos que han tratado de agricultura, han querido atribuir una importancia muy particular a las estrellas y a la luna, pretendiendo que influyen directamente en el arraigo, frondosidad y vegetación de las plantas: estas mismas ideas son las que reproduce nuestro Herrera en muchos lugares [...] Poco a poco se han ido desvaneciendo en mucha parte estas ideas infundadas. La Quintinie fue el primero que trató en Francia de despreocupar y desengañar a los labradores y jardineros de aquel reino del supuesto influjo de la luna en las operaciones de cultivo, demostrándolo con repetidos experimentos prácticos: lo mismo hicieron después Duhamel, Rozier, Thouin y otros muchos sabios. [En España], mi abuelo D. Esteban Boutelou, que por espacio de sesenta años estuvo ejerciendo el destino de jardinero y arbolista mayor en el Real Sitio de Aranjuez, se convenció que la acción de la luna no tiene influjo alguno en la germinación y desarrollo de las simientes, ni en la vegetación, que lo mismo da sembrar, plantar e injertar en creciente que en menguante, en luna llena que en luna nueva; y por último, que este astro tampoco influye en la calidad de las maderas[66].

Mariano Lagasca era aún más radical en su opinión sobre su libro sexto:

> Nada hay tan perjudicial ni que tanto se oponga al adelantamiento de las ciencias y de las artes, como el seguir a ciegas e indiscretamente las opiniones tradicionales [...] Puedo asegurar que en los últimos quince años de mi práctica más arreglada, no he podido comprobar lo que los autores antiguos y las doctrinas tradicionales nos enseñan acerca del pretendido influjo de la luna sobre los vejetales; antes bien por los ensayos y experiencias que he podido hacer estoy persuadido *que no hay cosa mas frívola que el observar el día de la luna cuando se quiere plantar, podar, etc.* [en cursiva en el original][67].

---

65 G. Alonso de Herrera, 1970, p. 20.

66 C. Boutelou, 1818, I, p. 59.

67 M. Lagasca, 1819, VI, p. 88 y ss.

496

RUEDA PERPETUA PARA SABER LOS AñOS FERTILES y eſtèriles, preſentes, y venideros, ſi el ombre los quiere ſaber para comun utilidad.

Saco à luz la preſente Rueda, porque qualquiera perſona pueda facilmente conocer ſi el año ſerà fertil, ò eſtèril, de eſte modo, comenzando el año 1626. haſta el año que querais ſaber, atribuyendo à cada caſita un año; y ſobre ella hallareis fertil, ò eſtèril; fertilifſimo, ò eſtèrilifſimo: Y eſte año 1722. à ocaſion de la reimpreſſion, ſe ha puefto en la caſilla que le correſponde, para mayor facilidad de hallar el preſente, y ſiguientes años.

Y ſi quiere ſaber los años paſſados, ſe comenzarà rodando al rebès de caſita en caſita, comenzando 1626. y 1625. y ſe hallarà quales años han ſido fertiles, ò eſtèriles.

La preſente Rueda ha ſido hallada por el Maeſtro Domingo Varni de Narni; y por diligencia de Fray Miguèl Aguſtin, Prior del Temple de la fideliſſima Villa de Perpiñan.

16.6. Rueda perpetua para saber los años fértiles y estériles. *La creencia en la influencia sobre los cultivos de las fases de la luna y la posición de los astros y signos zodiacales perduró en los textos agronómicos hasta bien entrado el siglo* XVIII (*Miguel Agustí:* Libro de los secretos de Agricultura, *edición de 1722*).

Según cuenta el filósofo y científico portugués Teodoro de Almeida en sus *Recreaciones filosóficas* (1785), estas creencias provienen de la Antigüedad, en que los labradores usaban el calendario lunar. Cada ciclo lunar era considerado un mes y la luna creciente y menguante representaban quincenas. El uso de estos calendarios permitía orientar sobre los mejores momentos para ejecutar las diferentes tareas agrícolas. En el devenir de la historia esta forma de medir el tiempo aprovechando los recursos naturales se fue pervirtiendo al creer los labradores «que la luna en aquel quarto influía en las simientes y las hacia salir bien». Desgraciadamente, en la actualidad, estas tendencias no aceptadas por la comunidad científica, vuelven a tener infinidad de adeptos, tal como se puede observar en el entorno del mundo agrícola y de la jardinería.

III

Las aportaciones técnicas: entre la tradición y la modernidad

El objetivo de los textos era recopilar las técnicas y saberes agrícolas desarrollados hasta el momento por las civilizaciones anteriores, ponerlas en idioma vulgar y hacerlos llegar a los agricultores y hacendados españoles, añadiéndoles retazos de la propia experiencia. Estos conocimientos, adquiridos de forma empírica, estaban aún muy contaminados de creencias religiosas, supersticiones y tradiciones ancestrales, que distorsionaban las observaciones y experimentos realizados por los científicos clásicos.

Por razones de espacio no entraremos a detallar el contenido completo de las obras geopónicas renacentistas y nos limitaremos a analizar solo algunos aspectos parciales, como las propuestas realizadas para mejorar la productividad de los cultivos, enmiendas del suelo y abonos, incluyendo el uso del barbecho y la rotación de cultivos; la jardinería y las plantas utilizadas en el Renacimiento. En todos los casos se observa como Gregorio de los Ríos y Miguel Agustí, un siglo después del talaverano, fueron incorporando los nuevos conocimientos que se iban gestando en Europa, aunque mantuvieron algunas tradiciones tan arraigadas entre la población que han perdurado hasta nuestros días.

III.1. *Sobre las enmiendas del suelo y los abonos*

Herrera considera que las mejores tierras son las que disponen de regadío como las de «los reinos de Aragón [...] que continuamente fructifican y que a unos frutos suceden otros; mas esto no puede ser sino en tierras que se rieguen, porque estas tales, con el beneficio del agua y fuerza del estiércol, pueden sofrir cualquier trabajo que les den»[68].

[68] G. Alonso de Herrera, 1970, p. 13.

No obstante, refiriéndose al cultivo de cereal en secano, considera buena tierra y propia para llevar pan, «que sea pegajosa, blanda, no arenisca», que no lleve arcillas «porque aunque aquellas sean tierras gruesas y pegajosas, por su extrema dureza y sequedad, para llevar pan son inhábiles»[69]. Herrera y Agustí, no obstante, son conscientes de la necesidad de aplicar enmiendas y labores al suelo para mejorar su estructura y así facilitar el crecimiento de los vegetales.

La principal labor que proponía era el «bien arar o cavar», del que destacaba cuatro funciones, siguiendo las ideas de Crecentino: abrir la tierra para que el sol y el agua penetren con más facilidad, «y por esso la tierra recibe más tempero»[70]; igualar el suelo, tapando los hoyos que pudiesen perjudicar a las plantas y semillas; mezclar las tierras, abonos y semillas para que estas ultimas no quedasen al descubierto, porque, «o lo comen las aves, o recibe tal daño que aquella simiente perece y la tierra se infama»; y desmenuzar la tierra. Posteriormente, añade dos funciones más a las anteriores que consideraba de gran importancia: matar las malas hierbas, «que quitan la sustancia a las otras plantas, dexúgalas[71] y aun mátalas del todo»[72], y «mollificar»[73] la tierra para dejarla bien afinada. Es interesante el uso de esta palabra, que define con una gran precisión una de las principales cualidades de la tierra cultivable y que ha sido reintroducida modernamente en el lenguaje científico de la edafología[74].

Para conseguir suelos de mayor calidad se proponen algunas enmiendas físicas: «Si la tierra fuese ruin, dizen algunos que se puede enmendar, mezclando en ella tierra gorda»[75]. Sorprende, no obstante, que los autores no hiciesen más hincapié en las mezclas de tierras y el uso de margas y encalados ante la escasez de estiércoles que había en la época, tal como indican los historiadores agrarios.

Consideraban acertadamente que el estiércol no solo aportaba alimento a la planta sino que también facilitaba el esponjamiento físico del suelo. De este modo se llega a escribir que «para corregir la esterilidad, seria muy mejor mezclar abundancia de estiércol lo qual, allende de ayudar a fructificar, es de su naturaleza caliente, y con su calor fácilmente enmienda el vicio de la tal tierra»[76]; y Agustí, que «el estiércol hará la tierra gorda y la esponjará, para que el agua se empape en la tierra más fácilmente, partizipando las raíces, como el agua sea unos pechos que crían y fertilizan las cosas»[77].

---

69 G. Alonso de Herrera, 1970, p. 12.

70 *Tempero:* Calidad de la tierra para las sementeras (*Dicc. de Autoridades,* t. vi, 1739).

71 *Dexugar:* Quitar el xugo, o sustancia a alguna cosa (*DRAE,* 3.ª ed., 1791).

72 G. Alonso de Herrera, 1970, p. 15.

73 *Mollificar:* Ablandar o suavizar (*Dicc. de Autoridades,* t. iv, Madrid, 1734).

74 «El término *estructura mullida* ha sido introducido en la definición de suelo agrícola, resaltando así la importancia de este factor físico para el crecimiento de los vegetales» (R. Diehl, 1973, p. 109).

75 *Tierra gorda:* Tierra de gran calidad; M. Agustí, 1722, p. 47.

76 G. Alonso de Herrera, 1970, p. 14.

77 M. Agustí, 1722, pp. 48-49.

El tema de los abonos y enmiendas húmicas, Herrera lo desarrollaba en el libro cuarto, que trataba de las huertas. Reconocía que debería haberlo considerado en el primer libro, «el tratado del pan», pero no lo hizo para no repetirse: «sea este capítulo general de las maneras principales de estercolar así para panes, como árboles y huertas y viñas». Insiste en la necesidad del abonado y, en consecuencia, la tierra «nunca se cansaría y en una huebra[78] cogerían más frutos que en dos [...] por la sustancia que el estiércol[79] pega a la tierra». El estiércol sirve para «engrasar y dar mucha sustancia».

Ordenaba los abonos por su eficacia, considerando el mejor los excrementos de gallinas y palomas. Desaconseja el de ocas y patos por perjudicar a la tierra. Defiende el uso de las heces humanas mezcladas con otros elementos como basuras, «y esto usan mucho en Milan». Esta afirmación y algunos otros indicadores[80] nos participan del poco uso de este tipo de abono en la Península. Recomienda en segundo lugar la «urina podrida», el estiércol de las ovejas, cabras, bueyes, mulas y caballos. También advirtieron lo perjudicial y contaminante de los purines desaconsejando su uso: «lo de puercos es muy mal» o «el peor de todos es el de puerco, por su grande calor»[81].

En caso de escasez de estiércol de «animalias» proponía el uso de productos y métodos alternativos, que el autor había aprendido de los moros en Granada, como la mezcla de «paja de cualquier suerte, o cualquier rama o juncos, en los corrales onde duerme, o huella ganado, y allí se envolverá con el lodo y agua, álcenlo dense a tres o cuatro días en montones y en enxugandose bien bótenlo en el campo [...]. también helechos y vezgos y cegutas[82] o cardos, yerba y aun lodo de las calles es muy bueno»[83].

Otros abonos propuestos eran las cenizas de algunas plantas o rastrojos quemadas en el propio campo. Consideraba que era el mejor para el trigo y recomendaba quemar en los campos en barbecho «paja, leña, retama, estiércol y todas las cosas que pudieren hacer cenizas». Agustí decía que, «una vez segado, y quitado el trigo del campo, echar fuego a los rastrojos, labrándolos luego después»[84]. También el soterramiento de los restos vegetales era nutritivo para el suelo: «después de haver segado, dar la primera rexa al campo, porque toda aquella paja, y yervas se ponen deba-

---

78 *Huebra:* Espacio que se labra en un día.

79 Herrera utiliza la palabra *estiércol* en un sentido amplio, incluyendo las basuras e inmundicias usadas como abono.

80 Durante la Ilustración aún se hacían campañas divulgativas sobre este tema. Con este fin, la Sociedad Económica de Valencia publicó en 1788 un folleto con el título *Discurso sobre lo útil y aun necesario que se cree ser a los campos de la huerta de esta Ciudad, el estiércol y polvo que se saca de sus calles*.

81 M. Agustí, 1722, p. 170.

82 Cicutas (*Dicc. de Autoridades*, t. II, 1729).

83 G. Alonso de Herrera, 1970, p. 214.

84 M. Agustí, 1722, p. 169.

xo de la tierra, y le sirven de estiércol»[85]. Aunque no tiene los efectos del estiércol, actualmente este sistema se considera una fuente considerable de materia orgánica, especialmente en aquellas explotaciones agrícolas que disponen de poco ganado[86].

Finalmente, ambos agrónomos proponían el uso de abonos verdes o siderales, que consiste simplemente en cultivar en los campos de trigo o entre las viñas «altramuces [...] y que poco antes de la simentera los derruequen y aren la tierra y que la engordan mucho»[87], o, en el caso de las habas, que propone plantarlas «en tierras que han de llevar pan y cuando están en flor las aran para que pudran, es muy singular manera de estercolar las tierras»[88]. Agustí recomendaba también el uso de paja de altramuces cortada, que «tiene virtud de buen estiércol, o sembrándolos en tierra esteril, y quando granen de las primeras flores, cogerlos, y rebuelta, atarlos con la tierra, y desta manera la hacen gorda»[89]. Actualmente este sistema de abonado presenta algunos inconvenientes, a excepción de las plantas leguminosas, que aportan nitrógeno y humus al suelo a un precio muy bajo. Las experiencias actuales dan la razón a los agrónomos renacentistas al considerar los altramuces *(Lupinus sp.)* como la mejor planta de «abono-verde».

El estercolero era un elemento indispensable en toda explotación agrícola, sobre todo si el agricultor tenía las «tierras flacas» o tierras que no podía dejar en barbecho. El «muladar»[90] había de estar alejado de la casa «por amor del mal olor» y de los árboles, porque «el humo que dellos sale daña mucho la flor y después la fruta», y retirado del agua de beber para no corromperla. Era conveniente que el muladar estuviese en un hoyo y recogiese el agua de la lluvia. Se echaba todo el estiércol que se podía «y todas las suciedades de casa y bacines que mezclado uno con otro y con el agua podrirá y será muy bueno». Debían construirse dos muladares: mientras uno se usaba para recoger el estiércol nuevo, el otro iba fermentando, y «habiendo mucho humor en el muladar pudriranse todas las simientes de yerbas, mas no ha de ser tan podrido que pase de año, porque pierde mucho la virtud»[91].

Con independencia del modo del lenguaje, en el párrafo anterior, escrito a principios del siglo XVI, se describe con una gran exactitud la fabricación del *compost,* tan en uso actualmente entre los aficionados a la horticultura.

Relacionado con las enmiendas y el abonado de los campos, Herrera hace algún comentario sobre la necesidad del barbecho. Para que los campos fuesen producti-

---

85 M. Agustí, 1772, p. 170.

86 R. Diehl, 1973, p. 488.

87 G. Alonso de Herrera, 1970, p. 214.

88 G. Alonso de Herrera, 1970, p. 38.

89 M. Agustí, 1720, p. 170.

90 *Muladar:* El lugar o sitio donde de tira el estiércol y la basura que sale de las casas (*Dicc. de Autoridades,* t. IV, 1734).

91 G. Alonso de Herrera, 1970, pp. 214-215.

16.7. Portada y diversos grabados del* Libro de los secretos de Agricultura *(edición de 1722). *El libro del prior contiene algunas ilustraciones que se mantuvieron, ligeramente modificadas, en las ediciones posteriores. Cabe destacar la representación de diversos aparatos de destilación, el laberinto como elemento básico del jardín renacentista y diversas imágenes relacionadas con la zootecnia. Al final del mismo se incluye un vocabulario en seis lenguas.*

vos «el principal remedio es la huelga[92], y según los agricultores aquella es buena tierra que no ha de menester más de un año de entrevalo y huelga, que un año lleve y otro no»[93]. Agustí también recomienda el barbecho para el cultivo de cereales: «Si el labrador hiciere reposar la tierra de trigo dos años, será mejor»[94].

Si bien el primero ya intuye que determinados vegetales aportan sustancias nutritivas al suelo, como los altramuces, no sugiere ninguna rotación de cosechas. Cien años después, el segundo incorpora los nuevos conocimientos desarrollados durante el Renacimiento. Este autor ya informa explícitamente de la existencia de plantas mejorantes del suelo, como las habas, que «no dexan la tierra esteril», o la alfalfa, que «engorda la tierra»[95], y ya hace una propuesta de rotación de cultivos: «escogereis la mejor tierra, sembrando el primer año en ella nabos, mijo, o habas, el año después trigo, y el tercer año cultivarla otra vez, y la sembrareis de yervos, mezclados con alfalfe, gobernándola de aquí adelante, al modo de prado ya hecho»[96].

III.2. *El jardín renacentista visto por los agrónomos españoles*[97]

En la época medieval el jardín y el huerto tenían una misma finalidad: por un lado, una función de recreo y, por otra, el cultivo de algunos vegetales útiles, ya fuesen plantas medicinales, alimenticias o con un valor simbólico[98]. Es durante el Renacimiento cuando va diferenciándose su cometido. Covarrubias[99], a comienzos del siglo XVII, definía el jardín como un lugar de asueto: «huerto de recreación de diversas flores, y yervas olorosas, con fuentes, y cuadros repartidos con muchos lazos, y obra que llaman los latinos topiaria, de mesas de arrayán, y de otras yervas». Siguiendo esta tendencia, Herrera y Agustí diferencian entre la funcionalidad estética del jardín y su uso alimentario o medicinal. El primero definía dos tipos de huerto: el que tiene como función «el deleite y provisión de casa» y el otro, que ha de servir «para vender la hortaliza y fruta»[100]. Agustí incluyó también los jardines en la categoría de huertos, es-

---

92 En el sentido de cese del trabajo. Herrera no utilizaba la palabra *barbecho,* ya que en los siglos XVI y XVII esta palabra definía la primera labor que se daba al campo antes de sembrarlo al año siguiente. Según Covarrubias, esta labor permitía eliminar las malas hierbas y sus raíces, las *barbas,* y de aquí viene la palabra *barbecho* (*Dicc. de Autoridades,* t. I, 1726).

93 G. Alonso de Herrera, 1970, p. 13.

94 M. Agustí, 1722, p. 171.

95 M. Agustí, 1722, pp. 180 y 182.

96 M. Agustí, 1722, p. 184.

97 Los jardines españoles del Renacimiento han sido estudiados con mucho detalle en Carmen Añón y José Luis Sancho (eds.): *Jardín y Naturaleza en el reinado de Felipe II,* 1998.

98 En este sentido el galicismo *jardín* se incorporó tardíamente al vocabulario. Durante la época romana y en la Edad Media se utilizaba la palabra *huerto* (J. Corominas: *Diccionario crítico etimológico castellano e hispánico,* vol. III, Madrid, Gredos, 1980, p. 496).

99 Sebastián de Covarrubias: *Tesoro de la lengua castellana o española,* Madrid, 1611.

100 G. Alonso de Herrera, 1970, p. 207.

tableciendo tres categorías: los que pertenecen a «Príncipes y Señores Titulados», que buscan específicamente el emplazamiento adecuado para su construcción; el de los «Nobles y Gentilhombres», que edifican villas para su recreo fuera de las ciudades a semejanza de los clásicos, «donde hazen su habitación»; y la tercera clase, el del «Padre de Familia de la Casa de Campo», del que debe sacar provecho, más que ser usado como lugar de recreo. En él han de cultivarse «yervas de comer, medicinales, diversidad de frutas, assí de las de el verano, como de las de conserva, toda manera de legumbres, cáñamos, lino, pero aun de todo puede vender para sacar dinero, a provecho de la Casa de Campo»[101]. Gregorio de los Ríos, que dedica su texto a «Caballeros, Príncipes, Reyes o Emperadores y para Religiosos», al contrario de los otros autores, solo considera el jardín en sus facetas de placer y recreo. Su disfrute y cuidado proporciona grandes virtudes terapéuticas ya que «aparta los hombres de todos los vicios», y «sus olores levantan el espíritu en gloria y alabança de su criador»[102]. En el jardín no debían cultivarse plantas medicinales, «sino aquellas que tienen buena flor, y vista: porque en los jardines por ser pequeños no se requieren plantas medicinales, por que no los ahoguen, sino las de flores agradables a la vista»[103].

III.2.1. El diseño y las características técnicas

Una de las facetas importantes de los jardines era su diseño y construcción, que competía a los arquitectos, al ser una unidad inseparable de la casa. Las villas y sus jardines, en general erigidas en lomas y altozanos para disponer de vistas sobre el paisaje, obligan a la fabricación de muros de contención, terrazas y escaleras, dando al jardín un aspecto muy arquitectónico. Fue Leone Battista Alberti quien en *De re aedificatoria,* escrita alrededor de 1450 y publicada en 1485, estableció las características generales de la jardinería renacentista, que serían divulgadas por toda Europa a través de la novela de Francesco Colonna *Hypnerotomachia Poliphili,* publicada en Venecia en 1499.

Hasta comienzos del siglo XVII, con las monografías de Gregorio de los Ríos (1620) y del francés Olivier de Serres (1600), la jardinería no adquirirá un enfoque más agronómico, aumentando la importancia de las técnicas y las especies vegetales necesarias para la construcción y el mantenimiento de los jardines.

> Se ha de procurar que el jardinero sepa más de gobierno, y de plantas, que de traças[104]: porque traçadores ay muchos, y sabiendo traçar dicen que son jardineros; pues poco importa que sepan hazer lazos, sino saber gobernarlos[105].

---

101 M. AGUSTÍ, 1722, p. 53.

102 G. DE LOS RÍOS, 1991, p. 263.

103 G. DE LOS RÍOS, 1991, p. 263.

104 En el sentido de diseños.

105 G. DE LOS RÍOS, p. 265.

Ignoramos si los agrónomos españoles conocían el texto de Leone B. Alberti, pero tanto Gregorio de los Ríos como Miguel Agustí[106] dieron algunas ideas sobre cómo debían estructurarse los jardines, que coincidían plenamente con las que dominaban en el siglo XVII en toda Europa.

Respecto de los cerramientos del jardín, los autores seguían el modelo medieval del *hortus conclusus,* indicando que había de estar rodeado con paredes de obra, «que si son de tierra, y las arriatas se riegan, vánse desmoronando, y cáense muy presto; y si son de calicanto, cuando más se riegan, más fuertes están»[107]. El jardín debía cerrarse «guardado de pages[108] y de mujeres, porque no hay langosta, ni oruga más mala para el jardín, que son estos», párrafo que nos ilustra de la escasa consideración social que durante esta época disfrutaban los niños y las mujeres. En la entrada del jardín había que informar: «Para ver, y no cortar, se da licencia». Herrera creía que las mejores cerraduras del huerto eran «las de pared, de piedra o de ladrillo, y si para esto no bastare la bolsa»[109] las cercas vivas con zarzales. También recomendaba el uso de vallados no tan estrictos, alejándose de los gustos medievales y demostrando un alto nivel de información y modernidad:

> si las cerraduras fuesen para algún jardín de deleite onde no haya temor de bestias que entren ni de quien mal haga, pueden hacer la cerradura de arrayanes, puesto ansí en soga de sus semillas que hace gentil pared. Esta se puede hacer en una parte de las huertas, o si hay pared poner junto con ella jazmines o yedras que la cubren toda y está verde, y aun para los jardines estando cerca de casa son buenas cerraduras de rosales blancos que son gentiles en su flor y provechosos y tienen hartas espinas.[110]

En lo concerniente a la distribución general del jardín y de los parterres defendían una estructura formal con preponderancia de figuras geométricas ortogonales simples. El jardín «ha de ser bien quadrado, para que los quadros salgan iguales, y las calles derechas»[111]. Ha de poderse observar desde las habitaciones del palacio y ha de estar bien compartimentado: «Las cosas que más recrean [...] ver desde sus ventanas gran parte de tierra bien cultivada, así en praderías[112], como también en la contemplación de los buenos compartimientos, y placenteras bordaduras, hechas de diversas maneras de flores, y yervas, y oliendo las suaves olores».

---

106 Miguel Agustí, en la edición de 1617, cita un Alberto como una de sus fuentes. Desconocemos si se refería a Leonne B. Alberti o a los textos agrícolas medievales de Alberto Magno.

107 G. DE LOS RÍOS, 1991, p. 266.

108 Page: Criado. Por lo común son muchachos y de calidad (*Dicc. de Autoridades,* t. V, 1737).

109 G. ALONSO DE HERRERA, 1970, p. 208.

110 G. ALONSO DE HERRERA, 1970, p. 208.

111 G. DE LOS RÍOS, 1991, p. 264.

112 En el sentido de superficies de hierba. La presencia de céspedes en el jardín era más medieval que de la época renacentista.

16.8. Jardín de la Casa de Campo. Uno de los jardines renacentistas españoles es el del Palacio de los Vargas, construido por orden de Felipe II en 1567 por el arquitecto Juan Bautista de Toledo. *(Óleo de Félix Castello, [h. 1634], Museo Municipal de Madrid).*

Proponían hacer los setos o *bordaduras* que rodeaban los parterres[113] con cipreses «que se pueden plantar juntos unos con otros, y trasquilarlos y hacerlos llanos de copa como mesas»[114] o con arrayanes que «puédenlos tundir que se hagan copados y llanos encima como mesa»[115]. En el interior de algunos parterres se debían construir «lazos»[116]. También recomendaban otras estructuras vegetales como los laberintos «de caminos de yerva, que también se hacen de cañizos de respalderas, por el contorno de los caminos entrelazados de naranjos, u de arrayán, jazmines,

[113] La palabra francesa *parterre* no se empezó a utilizar hasta mediados del siglo XVI (M. BÉNETIÈRE: *Jardin. Vocabulaire typologique et technique,* París, 2000).

[114] G. ALONSO DE HERRERA, 1970, p. 150.

[115] G. ALONSO DE HERRERA, 1970, p. 135.

[116] *Lazos:* Dibujos geométricos de arte topiario que se hacían en el interior de los parterres.

cipreses, sabina, y otras plantas»[117] o figuras de arte topiario[118], que Herrera proponía que se hiciesen con arrayanes.

La técnica propuesta para la poda y recorte, para mantener la forma original de setos, laberintos y figuras, era la misma que se utiliza en la actualidad. Cuando los setos «crecieren mucho en largaria, ó en gordura, conviene con unas tixeras trasquilarles [...] y para trasquilar aquellas que están recta línea, se pondrá una cuerda de la largaria del compartimento, y por el lado della iréis cercenando dichas yervas, y después por encima»[119]. De los Ríos indica que «en lo que toca al motilar[120] los lazos, y otras plantas» hay que hacerlo a fines de mayo, ya que en verano hace excesiva calor y en invierno «es necesario que queden con capa para poder sufrir los yelos hasta Março»[121].

Los caminos debían estar arenados y no empedrados, tanto por razones estéticas como para facilitar la limpieza de malas hierbas que crecen entre las losas. Agustí recomendaba que los caminos «entre las bordaduras de las yervas, sea ancho seis palmos» y sean de «arena de agua, u de polvo de tierra mármol, u de otras delicadas piedras de talle, u de pedacitos de piezas de la tierra bien cocida»[122].

Era usual en los jardines renacentistas la presencia de celosías y pérgolas «entretexidos de mirtos, por curiosos encañados, hechos en forma de pequeñas capillas, y oratorios, adornados de jazmines, arrayanes, romeros, cipreses, sabinas, y en las tierras templadas, de naranjos, que todas estas cosas son a propósito para entretexer las celosías, y encañados, y también los rosales [...] poniendo para sustento de los cañados palos de henebro, ú de otros árboles»[123].

En los jardines de más categoría sugerían la presencia de «pesqueras de agua, y diversidad de pezes, aves de agua, surtidores y otras invenciones, las quales cosas cuestan mucho de hazer, y de sustentarlas»[124].

En el jardín y el huerto, a pesar de ocupar el mismo espacio, o espacios anexos, al estilo del «jardin potager» francés, se recomendaba que los compartimentos dedi-

---

117 M. Agustí, 1722, pp. 51-52.

118 El arte topiario es el arte de la escultura vegetal. Mediante la técnica del recorte y poda, consiste en dar a las copas de los árboles y arbustos formas geométricas o figurativas. En la actualidad, es un término usado habitualmente entre los jardineros. Plinio el Viejo atribuyó su invención a Gnaius Mattius, poeta romano amigo del emperador Augusto (Marie-Hélène Bénetière: *Jardin. Vocabulaire typologique et technique,* París, 2000, pp. 366 y 394).

119 M. Agustí, 1722, p. 52.

120 *Motilar:* Cortar el pelo. (*Dicc. de Autoridades,* t. iv, 1734). Aquí tiene el sentido figurado de recortar o podar las ramas sobrantes del seto.

121 G. de los Ríos, 1991, p. 267.

122 M. Agustí, 1720, p. 51.

123 M. Agustí, 1720, pp. 50-51.

124 M. Agustí, 1720, p. 50.

cados a las flores estuviesen separados de las plantas aromáticas y también de las hortalizas comunes por «un camino o pasaje de árboles vivos».

III.2.2. El riego del huerto y jardín

Un aspecto importante para poder mantener vivo el huerto o jardín eran los sistemas de riego que debían utilizarse. Analizaban las ventajas e inconvenientes de las diferentes aguas, llegando a la conclusión de que la mejor para Herrera era la de lluvia y para Gregorio de los Ríos la de *carne*[125]. Tanto el primero como Agustí insistían en que hay que regar a primera hora de la mañana o al atardecer, especialmente en verano «quando empieze a entrar la Canícula». Estas prevenciones en el riego era consideradas por Claudio Boutelou[126] como «curiosas», pudiendo ser útiles en jardines reducidos o en el cultivo de algunas plantas delicadas. Otros argumentos eran erróneos, especialmente cuando defendían que el agua del mediodía «quemará las raíces de las plantas» o que «no se han de regar por encima, sino por el pie, porque regándose por arriba se secan las hojas, y se dañan»[127]; en todo caso, se dañarían las flores por la presión del agua, pero no las hojas. Actualmente aún es creencia general entre los aficionados a la jardinería la «leyenda urbana» de que las gotas de agua queman las flores y hojas al actuar como lentes.

Acertados son los consejos de Herrera y de los Ríos que indican que, a «la vez que hobieren de regar déxenlo bien harto de agua que más vale regar pocas veces y bien que muchas y dexar la tierra sedienta».

Los tipos de regadera e instrumentos de riego son de gran interés para conocer el desarrollo tecnológico de los aperos agrícolas tradicionales. Destaca la minuciosa descripción que Miguel Agustí hace de un artilugio que recomienda para el riego de las plantas delicadas y que denomina *cantimplora:*

> La cantimplora para regar los huertos, es en forma de un cántaro de tierra, solo que de abaxo debe ser más ancha que de la barriga, yendose seguidamente disminuyendo, y el cuello debe ser como cuello de ansero, más, o menos conforme al tamaño del vaso; el cabo de encima ha de estar cerrado, tanto que solo havrá un agujero tan grande como un garbanzo, y en el cuello ha de aver un assa, que poniendo los quatro dedos, pueda con el dedo pulgar tapar el dicho agujero, y el suelo de ella ha de estar agujerado de unos agujeros redondos, como una espumadera; y dicha cantimplora se puede hacer de cobre, tierra, o metal. Quando os queráis servir de ella, pondréisla dentro de algún vaso grande de agua, hasta poco menos que el agujero de arriba, y que dicho agujero sea abierto, y de esta manera se llenará de agua; y llena, taparéis el agujero de arriba, y la llevaréis llena hasta las yerbas que queráis regar, y destapando entonces el agujero de arriba, echará agua por los agujeros de abaxo.[128]

---

125 El «agua de carne» es la resultante de macerar carne de animales diversos.

126 C. Boutelou, 1818, p. 24.

127 G. Alonso de Herrera, 1970, p. 213; G. de los Ríos, 1991.

128 M. Agustí, 1722, p. 49.

Otro aspecto importante a considerar eran las plantas y flores que Herrera, Agustí y Gregorio de los Ríos proponían para embellecer los jardines. Como veremos en el siguiente apartado, se observa la paulatina incorporación de las americanas a la flora ornamental española.

III.3. *Las plantas agrícolas y ornamentales utilizadas durante el Renacimiento*

Alonso de Herrera cita o describe de manera independiente un centenar de especies o variedades vegetales, siendo su manual un verdadero tratado de fitotecnia especial: el primer libro contiene 19 especies, principalmente de cereales y legumbres, y los libros tercero y cuarto, por orden alfabético, 44 tipos de árboles y arbustos y 32 especies de huerta y plantas medicinales y aromáticas. De todas ellas da instrucciones sobre las tierras más adecuadas para su cultivo, así como el tiempo de siembra y las labores más adecuadas para el crecimiento del vegetal. También detalla las variedades y finalmente describe las propiedades y virtudes medicinales y en algunas ocasiones, pocas, las culinarias.

De los cereales habla del trigo, citando las variedades blanco o candeal *(Triticum aestivum),* trechel o rubio *(Triticum durum),* arisprieto[129], derraspado[130] y tresmesino[131], la cebada *(Hordeum vulgare),* de la que hace hincapié en los beneficios de la nutritiva «agua de cebada», el centeno *(Secale cereale),* del que erróneamente desaconseja su uso incluso como forraje, y de la avena, de la que cita dos tipos[132], una de ellas la avena común *(Avena sativa).* La recomienda como alimento del ganado, aunque su uso no debía de ser muy común en España, pues dice que «toda Francia y Alemania usan mucho esto para las bestias»[133].

Del mijo describe dos especies, el *tremesino,* que actualmente es el mijo mayor *(Panicum miliaceum),* y el «que en cuarenta días tarda de como se siembra hasta que se coge o madura», que es el mijo menor *(Setaria italica).* Como curiosidad es interesante reproducir una receta de cocina elaborada con mijo, que «tostado ello y molido y cocido en caldo de buena carne, es muy singular manera de potage, mayormente si le echan azafrán y canela»[134].

---

[129] *Arisprieto:* Arisnegro. Variedad de trigo que tiene la arista negra (*Dicc. de Autoridades,* t. I, 1726).

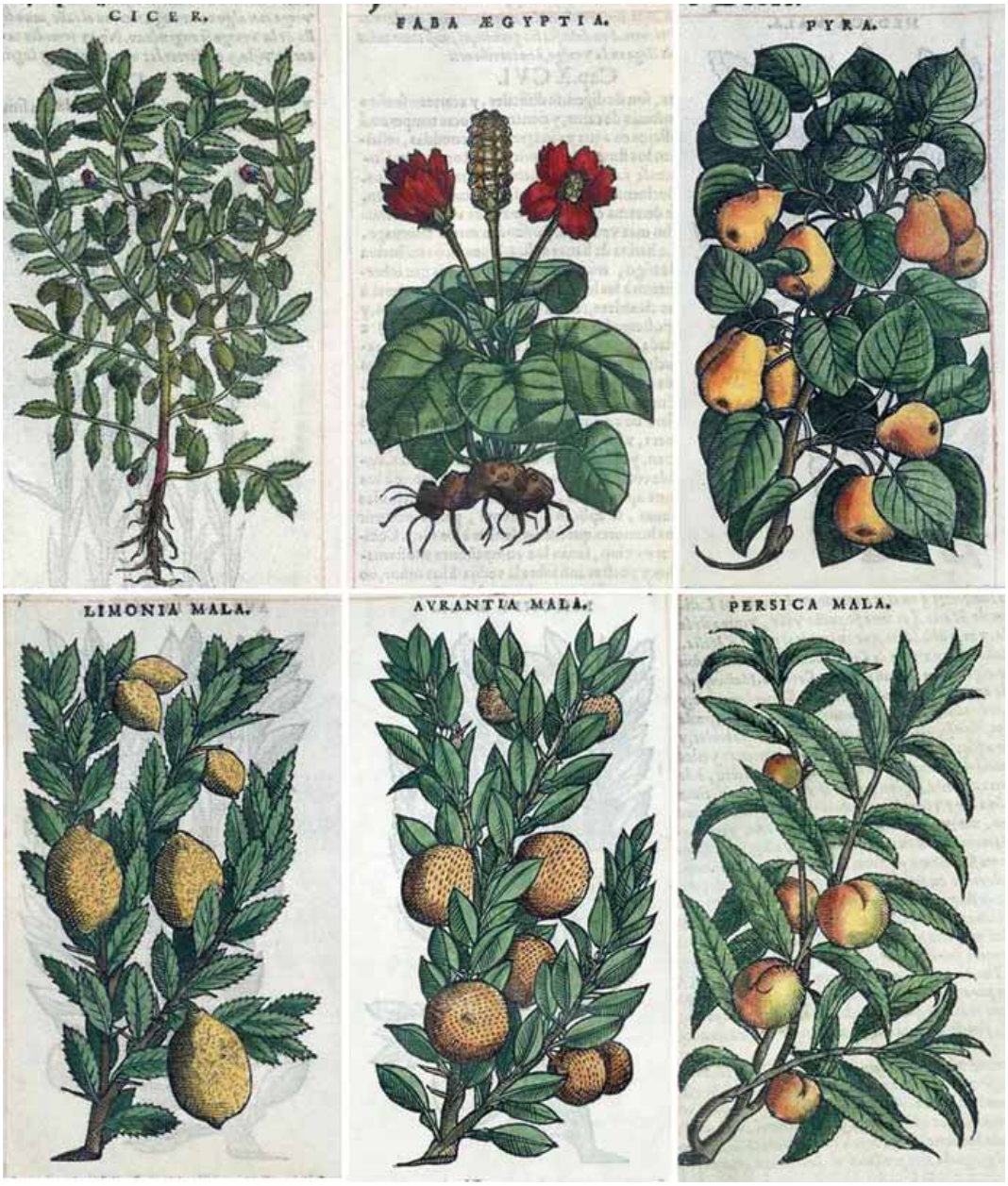
[130] *Derraspado:* Variedad de trigo cuya espiga no tiene raspa larga. También se denomina *peloto* o *candela chamorro* (*DRAE,* 3.ª ed., Madrid, 1791).

[131] El trigo trechel o tremesino es denominado por M. Lagasca y M. Colmeiro *Triticum fastuosum*. Actualmente se considera una variedad del *Triticum durum.*

[132] Una es la *Avena sativa* y la otra variedad no ha sido posible determinarla. La descripción que Herrera hace de la otra variedad «montés, prieta, pelosa, que hace unos cañutos muy grandes, largos y gordos» no permitió a Mariano Lagasca su clasificación por haber muchas especies silvestres en nuestro país. («Adiciones», 1818, t. I, p. 136).

[133] G. Alonso de Herrera, 1970, p. 34.

[134] G. Alonso de Herrera, 1970, p. 42.



16.9. Garbanzos, habas, perales, limoneros, naranjos y melocotoneros eran algunas de las legumbres y árboles frutales de los que Herrera recomendaba su cultivo. (*Pedacio Dioscórides; Andrés Laguna:* Acerca de la materia medicinal y de los venenos mortíferos*, Amberes, 1555*) *(Bibl. Nacional de España).*

Del panizo[135] cabe destacar su uso en la elaboración del pan, que un autor clásico considera como el más preciado de los panes; el toledano, no estando de acuerdo con esta afirmación, indica con cierta ironía que «no creo yo que había en su tierra pan candeal, sino no lo dixera»[136].

También indica: «otra semilla hay que en las montañas hacia Vizcaya llaman borona». Diversos autores erróneamente han identificado esta planta con el maíz americano. Así, el propio Mariano Lagasca afirma que «la borona, que parece no vio Herrera, es el maíz, *Zea mays* de Lin.»[137]. Según el filólogo Joan Corominas[138], el significado primitivo de *borona* sería *mijo,* de donde se pasó a *maíz* al traerse este de América. El *Diccionario Histórico de la Lengua Española* de 1933-36 lo traduce absurdamente como *maíz* en el significado más antiguo. En todo caso, es imposible que veinte años después de llegar a España, el cultivo del maíz ya estuviese generalizado en el norte peninsular.

Respecto de las legumbres, Herrera trata de las más comunes, como los garbanzos *(Cicer arietinum),* habas *(Vicia fava),* lentejas *(Lens culinaris),* altramuces *(Lupinus albus),* yeros *(Vicia ercilia),* almortas *(Lathyrus sativus)* y arbejas *(Vicia sativa).* De todas ellas, legumbres y cereales, se hacía pan[139]. Sirvan como ejemplo los comentarios que hace de cada vegetal al respecto. Dice del pan hecho con mijo: «siendo reciente es de buen comer», y del de habas: «muy usado en Lombardía y engorda mucho»; el pan hecho de altramuces, que es muy útil «aun en los años estériles para la gente, onde hay falta de otro pan»[140] o de la almorta, que «mezclada con otro grano se hace buen pan».

En el libro segundo, que trata de la viticultura, describe doce variedades de cepas, aunque de forma muy incompleta. A comienzos del siglo XIX, al agrónomo Simón de Rojas Clemente le fue imposible identificar las diferentes castas de uva que describe Herrera, limitándose a hacer algunas «conjeturas más o menos plausibles y aun de contentarme tal vez con un silencio reverente». No obstante, y a efectos de información, es interesante citar estas variedades, suponemos que existentes en Castilla en el siglo XVI: torrontrés, moscatel, cigüente, jaén, heben, larixe, vinoso, uvas

---

135 C. Boutelou identificó esta planta con el *Holcus spicatus* (C. BOUTELOU, 1818, p. 169). Ha sido imposible encontrar la denominación actual de esta especie, aunque podría ser alguna planta del género *Pennisetum.*

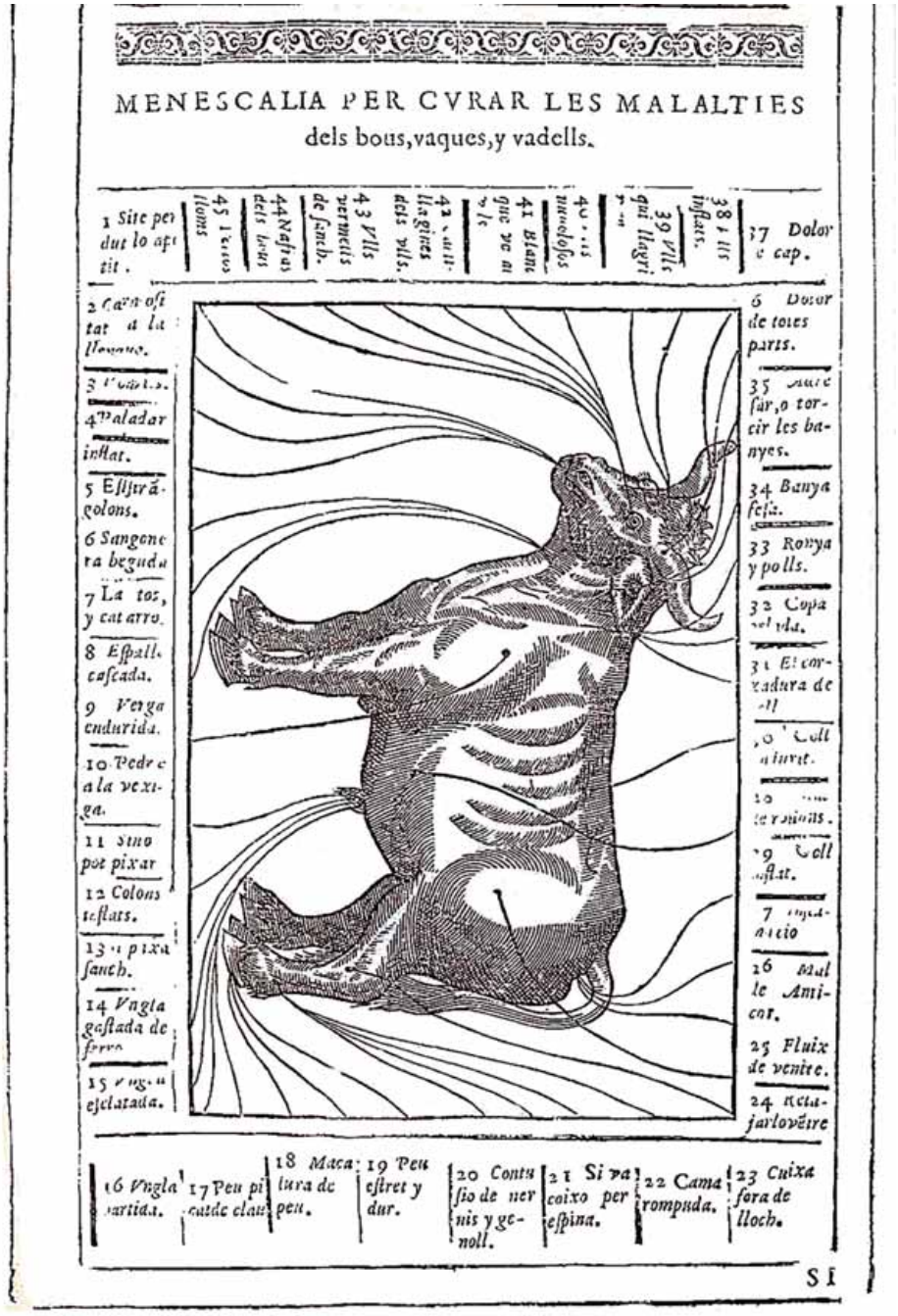
136 G. ALONSO DE HERRERA, 1970, p. 43.

137 M. LAGASCA, 1818, p. 171.

138 J. COROMINES: *Diccionario crítico etimológico castellano e hispánico,* Madrid, Gredos, 2006, vol. I, p. 629.

139 Antiguamente era muy común hacer pan de cualquier cereal y también de las legumbres. Así pues, la palabra *pan* para Herrera tiene un sentido mucho más amplio que en la actualidad. Dice: «que aquí hablamos del pan solamente, trigo, cebada, centeno y legumbres» (G. ALONSO DE HERRERA, 1970, p. 19).

140 G. ALONSO DE HERRERA, 1970, p. 40.



16.10. Tabla de albeitería para curar las enfermedades de bueyes, vacas y becerros. Se describen los síntomas de 45 enfermedades del ganado vacuno. (*Miguel Agustí*: Llibre dels secrets d'Agricultura, *1617).*

	Castellano actual	Herrera, 1513	Agustí, 1617	Nombre binomial
Cereales				
1	avena	avena	sivada	*Avena sativa*
2	cebada	cebada	ordi	*Hordeum vulgare*
3	centeno	centeno	cegol	*Secale cereale*
4	mijo mayor	mijo tremesino	mill	*Panicum miliaceum*
5	panizo/mijo menor	panizo	panis	*Setaria italica*
6	arroz		arròs	*Oriza sativa*
7	trigo	trigo	blat forment	*Triticum sp.*
Legumbres				
8	altramuz	altramuces	llubins	*Lupinus albus=L. polyphyllus*
9	arbeja	arbejas	vessa	*Vicia sativa*
10	almortas	cicercha		*Lathirus sativus*
11	garbanzo	garbanzos	ciurons/siurons	*Cicer arietinum*
12	haba	habas	favas	*Vicia faba*
13	lenteja	lentejas	llentilles	*Lens culinaris*
14	yero	yeros		*Vicia ervilia*
15	alubia/judía		fassolls/mongetas	*Phaseolus vulgaris*
16	guisante		pesols	*Pisum sativum*
Árboles y arbustos frutales				
17	olivo silvestre	acebuche	oliver bort	*Olea europea*
18	albaricoquero	albérchigo/prisco	albrecoquer	*Prunus armeniaca*
19	algarrobo	algarrobo	garrofer	*Ceratonia siliqua*
20	almendro	almendro	ametller	*Prunus amygdalus*
21	avellano	avellano	avellaner	*Coryllus avellana*
22	azamboero	azamboo		*Citrus vulgaris*
23	azufaifo/jinjolero	azufeifo	gingoler	*Zizyphus jujuba*
24	higuera silvestre	cabrahígo		*Ficus carica?*
25	castaño	castaño	castanyer	*Castanea sativa*
26	cerezo	cerezo	sirarer	*Prunus avium*
27	cidra	cidro	ponsemer	*Citrus medica*
28	ciruelo	ciruelo	pruner	*Prunus domestica*
29	endrino	endrino		*Prunus spinosa*
30	granado	granado	magraner	*Punica granatum*
31	guindo, cereza ácida	guindo		*Prunus cerasus*
32	higuera	higuera	figuera	*Ficus carica*
33	lima	lima		*Citrus x aurantifolia*
34	limonero	limón	llimoners	*Citrus limon*
35	manzano	manzano	pomer	*Pyrus malus = Malus domestica*
36	melocotonero	melocotón/durazno	preseguer/presechs	*Prumus persica*
37	membrillo	membrillo	codonyer	*Cydonia oblonga*
38	moral	moral	morera	*Morus nigra*
39	naranjo	naranjo	taronger	*Citrus cinensis*

	Castellano actual	Herrera, 1513	Agustí, 1617	Nombre binomial
40	nogal	nogal	noguer/noguera	*Juglans regia*
41	olivo	olivo	oliver	*Olea europea*
42	palmera	palma	palmer/palma	*Phoenix dactylifera*
43	peral	peral	perer	*Pyrus conmunis*
44	alfónsigo/pistacho		festuchs	*Pistacia vera*
45	madroño		arbós	*Arbutus unedo*
46	níspola/níspero europeo		nespler	*Mespilus germanica*
47	viña/parra/vid	vid	vinya/parres/ serment	*Vitis vinifera*
48	zarza		romaguera	*Rubus fructicosa*
	Plantas hortícolas			
49	acelga	acelgas	bledas	*Beta vulgaris*
50	ajo	ajo	alls	*Allium sativum*
51	alcaparra	alcaparras	taperes	*Capparis spinosa*
52	berenjena	berenjenas	alberginias	*Solanum melongena*
53	berza marina	berza marina	col marina	*Calystegia soldanella*
54	borraja	borrajas	borrages/borratges	*Borago officinalis*
55	calabacera	calabaza	carabaças/carabases	*Lagenaria siceraria*
56	cardo	cardos/arracifes	carts	*Cynara cardunculus*
57	cebolla	cebolla	ceba/seba	*Allium cepa*
58	zanahoria	cenoria	Paftanagues	*Daucus carota*
59	chirivía	chirivia	cherauies/xaravilles	*Pastinaca sativa*
60	pepino	pepinos	cogombres	*Cucumis sativus*
61	cohombro	cogombros		*Cucumis melo sbs flexuosus*
62	col/berza	coles/Berzas	cols de totas forts	*Brassica oleracea*
63	lechuga	lechugas	llatugues/lletugas	*Lactuca sativa*
64	melonera	melón	melons de totes forts	*Cucumis melo*
65	nabo largo común	nabo	naps	*Brassica napus*
66	nabo largo redondo	nabo		*Brassica rapa*
67	rábano común	rábano	ravans/ravens/rave	*Raphanus sativus*
68	rábano silvestre	rábano vagisco	ravans	*Armoracia lapathifolia*
69	berro	uerros	crexens	*Nasturtium officinale*
70	acedera		agrella/paradella	*Rumex acetosa*
71	achicoria		chicoires	*Cichorium intyvus var. Sativa*
72	alcachofera		carxoferas	*Cynara scolymus*
73	badea? (sandía de mala calidad)	badea		*Citrullus lanatus*
74	endibia		andiuias	*Cichorium endivia*
75	espárrago		esparechs	*Asparagus officinalis*
76	espinaca		espinachs	*Spinacia oleracea*
77	puerro		porros	*Allium ampeloprasum var. porrum*
	Plantas medicinales			
78	anís	anís	matafaluga	*Pimpinella anisum*
79	apio	apio	apit	*Apium graveolens*

	Castellano actual	Herrera, 1513	Agustí, 1617	Nombre binomial
80	ajenjo	assenssio	donzell/encens	*Artemisia absinthium*
81	alcaravea	alcaravia		*Carum carvi*
82	comino	comino	comi	*Cuminum cyminum*
83	culantro, coriandro	culantro	celiandre	*Coriandrum sativum*
84	hinojo	hinojo	fonoll/fenoll	*Foeniculum vulgare*
85	laurel	laurel	llorer	*Laurus nobilis*
86	mostaza	mostaza	mostalla/mostassa	*Sinapis alba*
87	mastuerzo	nastuerzo	banya de ceruo	*Lepidium sativum*
88	oregano	orégano	orenga	*Origanum vulgare*
89	perejil	perexil	iulivert	*Petroselinum hortense*
90	poleo	poleo	puliol/poliol	*Menta pulegium*
91	romero	romero	romani	*Rosmarinus officinalis*
92	salvia	salvia	salvia	*Salvia officinalis*
93	menta	yerba buena/yerba santa	menta	*Menta sp.*
Plantas ornamentales				
94	árbol paraíso	árbol paraíso		*Eleagnus angustifolia*
95	cinamomo	árbol paraíso		*Melia azederach*
96	mirto/arrayán	arrayán	arrayán/murtra	*Myrtus communis*
97	boj	buxus		*Buxus sempervirens*
98	ciprés	ciprés	ciprés/xiprè	*Cupressus sempervirens*
99	rosal	rosal		*Rosa sp.*
Árboles de monte				
100	álamo blanco	álamo blanco	arbre blanch	*Populus alba*
101	álamo negro /chopo	álamo negro	arbre poll	*Populus nigra*
102	encina	encina	alzina	*Quercus ilex*
103	fresno	fresno	frexe	*Fraxinus oxycarpa*
104	enebro	nebro	ginebre	*Juniperus communis*
105	olmo	olmo	olm, arbre	*Ulmus minor*
106	palmito	palmito		*Chamaerops humilis*
107	pino	pino	pi	*Pinus sp.*
108	sauce	sauce	salser, arbre/salzer	*Salix alba*
109	serval	serbal	serves	*Sorbus domestica*
Otras plantas				
110	cáñamo	cáñamo	canem	*Cannabis sativa*
111	correhuela	correhuela	corretjola	*Convolvulus arvensis*
112	lino	lino	lli	*Linum usitatissimun*
113	mimbrera	mimbrera		*Salix vinimalis*

Tabla 16.1. Relación de las plantas citadas (y algunas ausencias) por Alonso de Herrera en su edición de 1516. *Se acompaña con los nombres catalanes que aparecen en el tratado de Miguel Agustí de 1617 y con la denominación binomial y la castellana actual. (Elaboración propia a partir de los textos correspondientes).*

prietas castellanas, uva palomina, aragonés, tortozón y herrial, pocas de las cuales perduran hoy en día.

Entre los árboles y arbustos, la mayoría son frutales (27 especies), aunque también describe 6 árboles o arbustos utilizados en jardinería y 10 especies varias que eran útiles por la madera. Finalmente, describe 22 plantas hortenses y 16 medicinales y aromáticas.

La consulta de la tabla 16.1 permite conocer las plantas citadas en sus manuales por Alonso de Herrera y Miguel Agustí y la denominación binomial que actualmente tienen dichas especies, para su adecuada identificación. Se observan algunos olvidos importantes, como el arroz, introducido en la Península por los árabes y ya muy conocido en esta época; el pistacho o alfónsigo, procedente de Oriente Medio y cultivado en España en época romana; las espinacas, introducidas por los árabes en el siglo XI; los puerros, utilizados por egipcios y romanos en su cocina; las endibias y los nísperos europeos. Perfectamente justificada está la omisión de las plantas originarias de América como la judía, el girasol y el tabaco; o el guisante, que, originario de Oriente Próximo, no fue utilizado como grano fresco hasta el siglo XVI, incorporándose tardíamente a la dieta humana; o la alcachofa, que no llegó a la Toscana hasta 1466 vía Sicilia, a pesar de proceder del norte de África.

Agustí en su *Libro de los secretos,* publicado ya a principios del siglo XVII, introdujo, además de las ausencias en el texto del talaverano, unas 115 especies más que no enumeramos por falta de espacio y que publicó a partir de la segunda edición en un listado aparte bajo el título de *Vocabulario de seis lenguas, en que se declaran los nombres de los árboles, yerbas, frutas y otras cosas contenidas en el presente Libro de los Secretos de Agricultura*. Entre las plantas americanas dedica un amplio espacio a describir los «secretos de la yerva tan maravillosa llamada Tabaco o Nicociana», de la que explica sus efectos milagrosos, detallando los prodigiosos efectos que tiene sobre muchísimas enfermedades, como los «cancros, todas maneras de plagas, y llagas viejas, heridas, fuego pastoril, fracturas y rompeduras malignas», así como la hidropesía.

Entre las plantas de carácter ornamental cita los arrayanes, que «tienen continuamente hoja, y un verdor muy alegre, y por eso son buenos para claustras de monasterios, y jardines de deleite, y puédenlos tundir que se hagan copados y [...] pueden hacer dellos sillas y otras cosas gentiles, como las había en el palacio real de Granada y en casa de Generalife»[141]. Los buxos o boxes[142] también «son muy buenos y agradables para claustras de monasterios y jardines», como los cipreses y los árboles paraísos[143],

---

141 G. Alonso de Herrera, 1971, p. 135.

142 Actualmente boj *(Buxus sempervirens).*

143 Según Antonio de Arias, Herrera incluyó bajo la misma denominación de árboles paraísos dos especies totalmente diferentes: el cinamomo *(Melia acederach),* utilizado en jardinería y que en Andalucía también se denomina *árbol del paraíso,* y el eleagno o verdadero árbol del paraíso *(Eleagnus angustifolius)* (Arias, 1818, pp. 371-372).

16.11. Máquinas, herramientas y actividades de la industria rural en el Renacimiento: *(1) Arados; (2) Rastrillos y horcas de madera y hierro; (3) Instrumentos para la poda y la realización de esquejes; (4) Equipo de carpintero. Tan importantes como los trabajos directamente relacionados con el cultivo, lo eran aquellos relacionados con las industrias complementarias; (5) Cribas; (6) Herramientas de corte; (7) Recipientes para transporte de líquidos y áridos; (8) Trillos; (9) Diferentes tipos de botas para contener vino. (Agostino Gallo:* Le vinti giornate dell'agricoltura*, Venecia, 1622). (Bibl. de Catalunya).*

que «son gentiles árboles y de muy linda sombra, y graciosos para patines y plazas de iglesias, y claustras de religiosos»[144]. De las rosas comenta que «pocas cosas se pueden dellas aprovechar, salvo para la vista y deleite [...] de los colorados, puestos dellos se pueden hacer gentiles andenes y repartimientos en los jardines y aun lindes entre las heredades, y aun de las blancas buenas cerraduras»[145], y los naranjos «y estos otros árboles de su compañía son árboles muy graciosos [...] que no se puede decir perfecto jardín, onde no hay alguno destos árboles mayormente naranjos»[146].

Lógicamente, en la monografía de Gregorio de los Ríos aparecen muchas más plantas ornamentales, con un total de 162 descritas y 194 de citadas[147]. No obstante, entre estas hay algunas de las aromáticas que también las recoge Herrera como medicinales. En esta lista se incluyen 16 de origen americano de uso común en jardinería, entre ellas el tomate, el pimiento, el tabaco o los claveles de las Indias[148].

También Miguel Agustí cita diversas especies de plantas ornamentales y propone diversas recetas curiosas para conseguir flores de diversos colores. Para tener rosas de color verde «ingerireis de cardenillo[149] las raíces», amarillo «las ingerireis de eruves de nacar, y si azules, de añil, todo molido sutilmente; y advertid de no meterle oropimente[150] [...] porque mataría la planta». Para el color rojo, «tomareis brasil[151] raspado». También habla de los claveles *(Dianthus caryophillus)* y clavellinas *(Dianthus deltoides),* de la betónica *(Stachys officinalis),* violetas *(Viola sp.),* celosías o flores de amor *(Celosia argentea),* violetas buscanas, lirios o azucenas *(Lilium sp).*

IV

A modo de conclusión

Gabriel Alonso de Herrera fue sin duda alguna uno de los grandes precursores de la agronomía europea del Renacimiento. No solo fue el primero en escribir un

144 G. Alonso de Herrera, 1971, pp. 139, 150 y 192.

145 G. Alonso de Herrera, 1971, p. 252.

146 G. Alonso de Herrera, 1971, p. 175.

147 En J. Fernández, 1991, se relacionan todas las plantas citadas por Gregorio de los Ríos con su denominación binomial.

148 Actualmente también denominados *claveles de moro* o *damasquina* (*Tajetes patula*). (J. Fernández, 1991, p. 52).

149 *Cardenillo:* El hollín del cobre. Llamose así de la color cárdena o azulada que tiene (*Dicc. de Autoridades,* Madrid, t. I, 1729).

150 *Oropimente:* Mineral amarillo que tira a pardo. Es un veneno corrosivo que ocasiona unos efectos mortales (*Dicc. de Autoridades,* Madrid, t. V, 1737). Está compuesto de arsénico y azufre.

151 *Brasil:* Especie de árbol que sirve para teñir de colorado. Pudo llamarse así por su color, que es subido como la brasa (*Dicc. de Autoridades,* Madrid, t. I., 1726).

texto en lengua vulgar y a un nivel de lenguaje asequible a los agricultores, sino que con toda seguridad influyó en otros agrónomos europeos, aunque muchos de ellos no lo reconocieran, como el francés Olivier de Serres. Un detallado estudio comparativo de los diferentes manuales agronómicos europeos daría una respuesta más perfilada a esta cuestión. Herrera no solo aportó sus experiencias personales sino que compiló los conocimientos agrícolas experimentados en la Antigüedad, y que se encontraban dispersos y en lenguas diversas. Además, se puede afirmar que muy posiblemente fue el primero en recuperar la tradición geopónica andalusí, debido a su estancia en Granada y su conocimiento del árabe.

Durante el siglo XVI las técnicas agrícolas avanzaron poco, por lo que casi un siglo después Miguel Agustí y Gregorio de los Ríos hicieron propuestas muy semejantes a las de Herrera. Su innovación principal fue la incorporación de las plantas americanas en sus textos, tanto las ornamentales como algunas medicinales y alimenticias. Agustí también avanzó algunas propuestas sobre el laboreo artificial de prados en alternancia de cultivos como solución para el barbecho, siendo un precursor de las propuestas ilustradas que se desarrollarían un siglo después.

Bibliografía

AGUSTÍN, Miguel: *Llibre dels secrets d'Agricultura, casa rustica y pastoril* [1617], Barcelona, Altafulla, 1988.

— *Libro de los secretos de Agricultura, casa de campo, y pastoril. Traducido de Lengua Catalana en Castellano,* Barcelona, Juan Piferrer, 1722 (http://www.cervantesvirtual.com/servlet/SirveObras/12048627559084844198624/index.htm).

ALONSO DE HERRERA, Gabriel: *Agricultura general que trata de la labranza del campo, y sus particularidades: crianza de animales, propriedades de las plantas que en ella se contienen, y virtudes provechosas a la salud humana, compuesta por Alonso de Herrera, y los demás autores que hasta ahora han escrito de esta materia, cuyos nombres y tratados van a la vuelta de esta hoja,* Madrid, Joseph de Urrutia, 1790 (http://books.google.es/books?id=YLZbAAAAMAAJ).

— *Agricultura General de Gabriel Alonso de Herrera, corregida según el testo original de la primera edición publicada en 1513 por el mismo autor y adicionada por la Real Sociedad Económica Matritense,* Madrid, Imp. Real, 1818, 4 vols. (http://bibdigital.rjb.csic.es/spa/Libro.php?Libro=258).

— *Obra de Agricultura* [1513], Madrid, Atlas, 1970 (Biblioteca de Autores Españoles). Edición y estudio preliminar por José Urbano Martínez Carreras.

ANTÓN RAMÍREZ, Braulio: *Diccionario de Bibliografía Agronómica y de toda clase de escritos relacionados con la agricultura,* Madrid, Rivadeneyra, 1865.

AÑON, Carmen, y José Luis SANCHO (eds.): *Jardín y Naturaleza en el reinado de Felipe II,* Madrid, Unión Fenosa, 1998.

ARIAS, Antonio de: «Adiciones al libro tercero», en *Agricultura General de Gabriel Alonso de Herrera, corregida según el testo original de la primera edición publicada en 1513 por el mismo autor y adicionada por la Real Sociedad Económica Matritense,* Madrid, Imp. Real, 1818.

BAILEY, L. H.: *Manual of Cultivated Plants,* Nueva York, MacMillan, 1960.

BARANDA, Consolación: «Ciencia y humanismo: La *Obra de Agricultura* de Gabriel Alonso de Herrera (1513)», *Criticón*, Tolouse, n.º 46, 1989, pp. 95-108 (http://cvc.cervantes.es/obref/criticon/PDF/046/046_097.pdf).

BOUTELOU, Claudio: «Adiciones al libro primero y cuarto», en *Agricultura General de Gabriel Alonso de Herrera, corregida según el testo original de la primera edición publicada en 1513 por el mismo autor y adicionada por la Real Sociedad Económica Matritense,* Madrid, Imp. Real, 1818.

CARTAÑÀ PINÉN, Jordi: *Agronomía e ingenieros agrónomos en la España del siglo XIX,* Barcelona, Serbal, 2005.

— «La agronomía en la España del Setecientos», en M. SILVA SUÁREZ (ed.): *Técnica e Ingeniería en España. III. El Siglo de las Luces. De la industria al ámbito agroforestal,* Zaragoza, Institución Fernando el Católico, 2005, pp. 409-452.

CEBALLOS JIMÉNEZ, Andrés: *Diccionario ilustrado de los nombres vernáculos de las plantas en España,* Madrid, Andriala, 1998.

COLUMELA: *Libro de los árboles. La labranza,* libros I-V, Madrid, Gredos, 2004.

CUARTERO SANCHO, María Pilar: «Los autores grecolatinos de literatura científica. Modelos literarios de la literatura científica en castellano del Siglo de Oro», *Criticón,* Toulouse , 1994, n.º 58, pp. 85-93.
(http://cvc.cervantes.es/obref/criticon/PDF/058/058_005.pdf).

DE LOS RÍOS, Gregorio: «Agricultura de jardines, que trata de la manera que se han de criar, gobernar y conservar las plantas, y todas las demás cosas que para esto se requieren, dando a cada una su punto» [1620], en, J. Fernández e I. González Tascón (eds.), 1991, pp. 263-325.

DIEHL, R.: *Fitotecnia general,* Madrid, Mundi-Prensa, 1973, 814 pp.

DOMÍNGUEZ ORTIZ, Antonio: *El Antiguo Régimen: Los Reyes Católicos y los Austrias,* Madrid, Alianza Universidad, 1976.

ELENA, Alberto: «La ciencia en los jardines o la restauración del Paraíso Terrenal», en *A hombros de gigantes. Estudios sobre la primera revolución científica,* Madrid: Alianza Editorial, 1989.

FERNÁNDEZ PÉREZ, Joaquín, e Ignacio GONZÁLEZ TASCÓN (eds.): *A propósito de la Agricultura de Jardines de Gregorio de los Ríos,* Madrid, Real Jardín Botánico; Ayuntamiento, 1991.

García Armendáriz, José Ignacio: «Introducción, traducción y notas», en Columela: *Libro de los árboles. La labranza, libros I-V*, Madrid, Gredos, 2004, pp. 7-76.

García Espuche, Albert, et al.: *Jardins, jardineria i botànica. Barcelona 1700,* Barcelona, Ajuntament, 2008.

Harrison, S. G., G. B. Masefield y M. Wallis: *Guía de las plantas comestibles,* Barcelona, Omega, 1980.

Kriedte, P.: *Feudalismo tardío y capitalismo mercantil. Líneas maestras de la historia económica europea desde el siglo XVI hasta finales del XVIII,* Barcelona, Crítica, 1982.

Lagasca, Mariano: «Materiales para la noticia histórica de Gabriel Alonso de Herrera», en *Agricultura General de Alonso de Herrera,* Madrid, Imp. Real, vol. IV, 1819, pp. 314-351.

— «Adiciones al libro primero y sexto», en *Agricultura General de Gabriel Alonso de Herrera, corregida según el testo original de la primera edición publicada en 1513 por el mismo autor y adicionada por la Real Sociedad Económica Matritense,* Madrid, Imp. Real, 1818.

Maroto, José Vicente: *Historia de la Agronomía. Una visión de la evolución histórica de las ciencias y técnicas agrarias,* Madrid, Mundi-Prensa, 1998.

Martínez Carreras, José U.: «Historia agraria castellana. Estudio preliminar», en *Obra de Agricultura por Gabriel Alonso de Herrera,* Madrid, Atlas, 1970, p. XI-XCVIII.

Riera, Luis, y Juan Riera: «Los alimentos americanos en los *Extractos de la Bascongada* (1768-1793): El maíz y la patata», *Llull. Revista de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas,* Zaragoza, vol. 30, n.º 66, 2007, pp. 319-332.

Rivero Matas, Montse: «Cultura de jardins. Les anotacions d'un jardiner», en Albert García Espuche: *Jardins, jardineria i botànica. Barcelona 1700,* Barcelona, Ajuntament, pp. 65-109.

Slicher van Bath, B. H.: *Historia agraria de Europa occidental (500-1850),* Barcelona, Península, 1974.

Valverde Arrieta, Juan de: «Despertador que trata de la gran fertilidad, riquezas, baratos, armas y caballos, que España solía tener y la causa de los daños y falta, con el remedio suficiente» [1578], en Gabriel Alonso de Herrera: *Agricultura General,* Madrid, Urrutia, 1790, pp. 321- 356.

Zinmermann, K.: *Historia Natural. Tomo XV. Botánica. Historia de la Botánica,* Barcelona, Gassó Hns., [s.d.].

17

Protoindustria: Una perspectiva desde *Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas*

Alexander G. Keller
University of Leicester

Manuel Silva[1]
Universidad de Zaragoza

Una parte interesante de la técnica de la proto-industria renacentista se presenta en el voluminoso manuscrito, en cinco tomos, titulado *Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas,* conservado en la Biblioteca Nacional de Madrid (signatura mss. 3372-3376)[2], particularmente en los «libros» XI al XIII. Este manuscrito, el más importante tratado europeo del Renacimiento sobre ingeniería hidráulica, se utiliza como hilo conductor de las ideas básicas que brevemente se exponen[3].

En primer lugar se consideran diferentes tipos de molinos, inicialmente para cereales. Por su peculiar principio de funcionamiento, en el siglo XVI español destaca una innovación: los molinos «de regolfo», precedente de las turbinas actuales. Documentados por primera vez en España, están presentes también en otras partes del área mediterránea. En una segunda sección se tratan otras aplicaciones fabriles agroalimentarias (almazaras y trapiches, en particular) y, dentro del ámbito de lo textil, un batán, máquina que golpeando los paños permite desengrasarlos y enfurtirlos. De las aplicaciones a procesos metálicos, *Los Veintiún Libros* solo presentan una máquina para la limpieza y bruñido de armas. En todos los casos, las fuentes de energía son motores «de sangre» (personas o animales de carga), eólicos o hidráulicos. Las dos primeras clases de motores solo se abordarán de forma tangencial.

---

[1] Los autores desean reconocer el apoyo de la Fundación Juanelo Turriano (Madrid) al estudio de la técnica en España; en particular al del tratado que sirve aquí como hilo conductor.

[2] *Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas de Juanelo Turriano*, edición facsímil con trascripción del manuscrito, prólogo de P. LAÍN ENTRALGO y reflexiones de J. A. GARCÍA-DIEGO, Aranjuez, 1996; N. GARCÍA TAPIA: *Los veintiún libros de los ingenios y máquinas de Juanelo, atribuidos a Pedro Juan de Lastanosa*, Diputación General de Aragón, Zaragoza, 1997.

[3] En el último lustro han aparecido otras dos «versiones» del tratado, una en la Biblioteca Nazionale Centrale de Firenze, otra en la de la familia Torner en Barcelona. Mucho más escueto, el manuscrito en Florencia, redactado en el entorno de don Álvaro de Bazán, Marqués de Santa Cruz, fechable hacia 1585-1590, parece ser el más antiguo de los conocidos (véase un primer análisis en M. SILVA y M. S. MENJÓN, 2001, pp. 113-124). Se ha podido constatar que el Códice Torner es posterior a 1596-98.

Las corrientes de agua fueron una importantísima fuente de energía hasta el siglo XVIII, y aún hoy se cuentan entre las más importantes de las renovables, básicamente generando electricidad en centrales hidroeléctricas. En la tercera sección se considera un cierto número de industrias de proceso que en sentido laxo se podrían denominar proto-químicas, aunque en ellas no se den propiamente reacciones químicas. En primer lugar se menciona la fabricación del almidón o el lavado de la lana en tintorerías, tareas enmarcadas en el ámbito de la industria textil. En otros casos el agua se emplea en el proceso de refinado de la materia prima, como ocurre en la obtención del alumbre, del vitriolo o del salitre. A veces, las descripciones de *Los Veintiún Libros* están ilustradas con planos de edificaciones manufactureras que se encuentran entre los más antiguos conocidos.

Por estar hechos en madera, la mayor parte de los mecanismos que transferían la energía del viento o del agua a los molinos, batanes, sierras, martinetes, etc. no ha perdurado; como el historiador y filósofo de la técnica Lewis Mumford observó:

> la mayoría de las máquinas fundamentales e inventos empleados posteriormente durante la época industrial fueron desarrollados primero en madera y posteriormente realizados en metal; la madera posibilitó las experiencias preliminares para la nueva industrialización[4].

Aunque las maquinarias no han sobrevivido, son múltiples los lugares donde se pueden hallar restos de los edificios, a menudo de piedra, que las albergaban. Bajo el epígrafe «Patrimonio recuperado» se recogen en este texto dos molinos reconstruidos (eólico y de cereal en Malanquilla; hidráulico para fabricar pólvora en Villafeliche), así como la recuperación de un batán (Lacort-Fiscal). Adicionalmente, en los archivos se suelen hallar descripciones o, al menos, referencias a la construcción de instalaciones proto-industriales, a sus reparaciones o a los cambios de propiedad.

Otra fuente de información son algunas obras de arte, ya que formando parte de los paisajes de los cuadros, a veces aparecen edificios, ingenios e instrumentos. Pero, sobre todo, existen algunos tratados sobre la técnica de la época; el más importante es el ya mencionado, *Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas*, donde se describe con detalle un conjunto significativo de los ingenios que aprovechaban la fuerza del agua en el siglo XVI. Aunque erróneamente atribuido al ingeniero italiano Juanelo (o Giovanni) Turriano, está claro que el autor de esta obra fue un español, probablemente un altoaragonés.

Entre estos libros, el undécimo trata de muy diversos modelos de molinos de agua, mientras que en el duodécimo se presenta una máquina para cernir la harina o «burato», «que así se llaman en Italia, donde se ha inventado esta invención». Aunque la invención fuera italiana, el dibujo que aparece en el tratado se considera el primero que ilustra el cernedor automático, al menos de una forma tan clara y con tanto detalle. En el décimo tercer libro, el autor describe otras máquinas «industriales» que emplean el agua como fuente de energía o como disolvente.

[4] L. MUMFORD: *Technics and Civilisation*, Londres, 1934, p. 120 (*Técnica y Civilización*, p. 138).

Mucho más modesto que este gran tratado es el manuscrito sobre máquinas del castellano Francisco Lobato del Canto[5], contemporáneo de *Los Veintiún Libros* o quizá algo anterior (básicamente escrito entre 1577 y 1585). Más limitado en su alcance, está ilustrado en un estilo sencillo e ingenuo, lo que contrasta enormemente con los más de quinientos dibujos elegantes y precisos de *Los Veintiún Libros*. Pero, a veces, Lobato ofrece noticias de fechas y lugares donde se construyeron molinos, y alude a quien los diseñó. Es interesante señalar que tanto en la obra de Lobato como en *Los Veintiún Libros* se haga referencia a los diferentes tipos de molinos que los autores conocieron. Aunque a veces no coinciden en sus detalles, en muchos casos abordan tipos de máquinas muy similares.

I

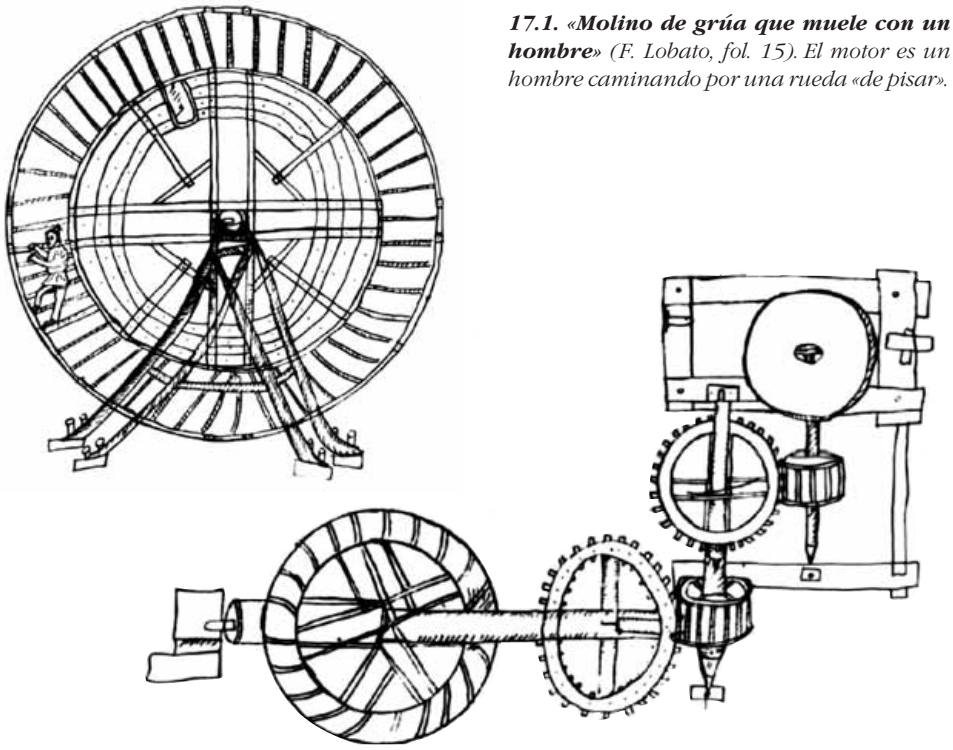
Los molinos y sus tipos

El agua es la primera necesidad para el hombre. Sin agua no hay vida. Además de para beber, o para la higiene, el agua se ha utilizado para desarrollar medios de transporte eficientes, por ríos, lagos y mares. Aun conscientes de nuestra absoluta dependencia del agua, se ignora en general, o no está suficientemente valorado, el papel que desempeñó en las primeras etapas de la industria moderna. Durante muchos siglos, el agua fue la principal fuente de energía, no solo en Europa. Quizás la relativamente magnificada presencia de los molinos eólicos en la iconografía frente a los hidráulicos se deba a que los primeros han de mostrarse «ostentosamente» a los vientos, siempre sobre promontorios o en espacios abiertos[6], mientras que los segundos «se ocultan» en los fondos de los valles, allí donde las corrientes fluviales son más aprovechables, enfundándose además en edificios de una arquitectura popular relativamente poco diferenciada a primera vista. Con anterioridad al uso de las máquinas de vapor (agua al fin y al cabo), hasta comienzos del siglo XIX, las corrientes de agua impulsaron mayoritariamente las máquinas de la «proto-industrialización».

El agua como fuente de energía se empezó a utilizar ya en la Antigüedad. No obstante, en las regiones más áridas, allá donde no existían caudales capaces de mover la maquinaria o en situaciones en las que el agua faltaba o escaseaba (en for-

[5] J. A. García-Diego y N. García Tapia (eds.)*: Vida y técnica en el Renacimiento. Manuscrito de Francisco Lobato, vecino de Medina del Campo*, 1987.

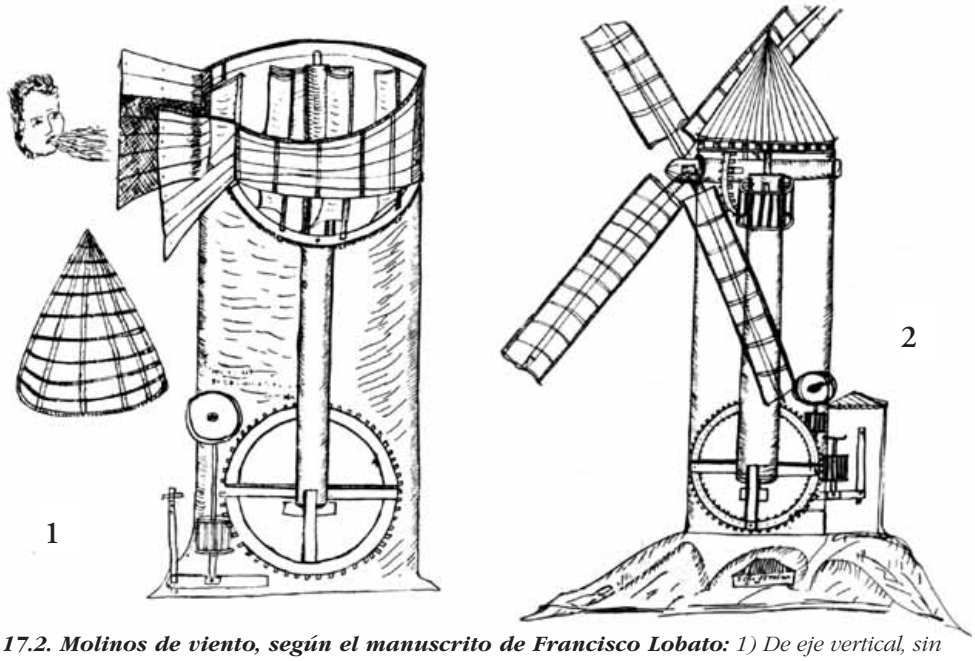
[6] En estas dos últimas décadas se ha producido un algo más que simplemente romántico reverdecer de los molinos de viento, hoy transformados en potentes aerogeneradores de electricidad. En efecto, los de hace unos veinte años exhibían potencias del orden de 40-45 kW, quizás un orden de magnitud más que la de los renacentistas, pero gracias a nuevos materiales y sistemas de regulación y control, en estos momentos se trabaja con modelos que superan los 4,2 MW, con palas de 54 m, en torres que sobrepasan el centenar de metros de altura. Es decir, en dos décadas se han ganado unos dos órdenes de magnitud, pudiéndose establecer una duplicación de la potencia generadora cada tres años, aproximadamente.



17.1. «Molino de grúa que muele con un hombre» *(F. Lobato, fol. 15). El motor es un hombre caminando por una rueda «de pisar».*

talezas dispuestas para un sitio, ejércitos en marcha, pueblos con sequía estival, etc.) era frecuente recurrir a la fuerza humana y animal. La molienda de cereales se conseguía imprimiendo un movimiento de rotación a una piedra, la volandera, que giraba sobre otra fija, la solera. Ejemplos renacentistas del uso de la fuerza humana en tareas de molienda lo proporcionan los molinos «de manivela» o «de mano» (véase la fig. 3.6, en el capítulo dedicado a los gremios), o bien el «molino de grúa que muele con un hombre» (fig. 17.1), donde el motor son personas que caminan por una rueda de pisar, por lo que también se les reconocía por molinos «de pisar». La denominación adoptada por Lobato se deriva de que ese tipo de ruedas eran parte muy frecuente del sistema motor en las grúas empleadas en la construcción o en los procesos de carga y descarga de barcos, por ejemplo (fig. 1.5.3). La sustitución del hombre por animales de carga llevó, también en la Antigüedad, a otros molinos llamados «de sangre», movidos por bestias (bueyes, burros y, en Oriente, incluso camellos). Tal es el caso de las tahonas.

Análogamente, el viento también ha sido empleado desde antiguo como fuente de energía, en actividades tan diferentes como impulsar navíos o moler. Hubo molinos de viento de muy diverso tipo. En este preciso el manuscrito de Francisco Lobato es mucho más rico que *Los Veintiún Libros*. Un primer criterio clasificatorio sería la disposición del eje principal: horizontal (con las aspas en un plano vertical),



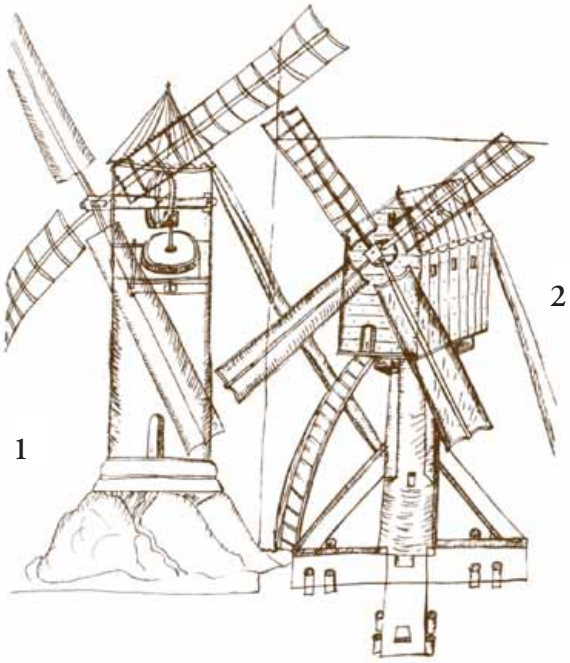
17.2. Molinos de viento, según el manuscrito de Francisco Lobato: *1) De eje vertical, sin velas y sin «entruesga» o rueda «catalina», la dentada transmite la energía de las aspas a la linterna que se alinea con la piedra volandera; (fol. 20); 2) con velas (Gaspar Rotilo, 1556; fol. 21).*

los más frecuentes en España, o vertical. Francisco Lobato describe en su manuscrito varios modelos del primer tipo, y uno del segundo (figs. 17.2 y 17.3).

En Francia y en otros lugares de Europa, antes de que concluyera el siglo XVI, se imprimieron libros sobre el «arte de las máquinas», denominados «teatros de máquinas», pero no llegaron a publicarse en castellano. El primero impreso en español fue una traducción del escrito en latín por Jacques Besson, *Instrumentorum et Machinarum,* publicado hacia 1570. Traducido al francés y anotado con comentarios de François Beroalde (en 1579), esta segunda versión se tradujo al español, imprimiéndose en Lyon[7], en 1602. El libro de Besson fue el primero y el más traducido de los «teatros de invenciones» o «de máquinas», esto es, libros espectacularmente ilustrados con nuevas máquinas o mecanismos, donde se mezclaban innovaciones eficientes e invenciones imposibles. Tras el de Besson se publicaron otros muchos en los sesenta años siguientes. Al igual que Lobato, Besson incluye en su libro un dispositivo de captación de energía eólica de eje vertical (figura n.º L), solo que en vez de para moler lo utiliza para elevar agua[8]. Una ventaja de los molinos de eje vertical es la

[7] J. BESSON: *Teatro de los Instrumentos y Figuras Matematicas y Mecanicas*, Leon de Francia [Lyon], 1602.

[8] Otro tipo diferente de molino de viento con eje vertical se presenta, por ejemplo en F. VERANZIO: *Machinae Novae*, Venecia, 1595 (con 49 láminas, hay segadoras, trilladoras, sierras...). En este caso, a diferencia de la propuesta de Besson, la caperuza del molino gira con el eje principal del motor.



17.3. Molinos «común» y de poste, *según el manuscrito de Francisco Lobato (fol. 22).*

eliminación (o reducción) de los problemas de orientación que se presentan en los molinos de eje horizontal[9]. Por otro lado, si el eje es vertical, la transmisión del movimiento a la piedra volandera se simplifica (eventualmente se intercala una linterna y engranaje con lo que se ajusta la velocidad que esta ha de llevar). Sin embargo, eran de menor rendimiento, por lo que no se difundieron mucho.

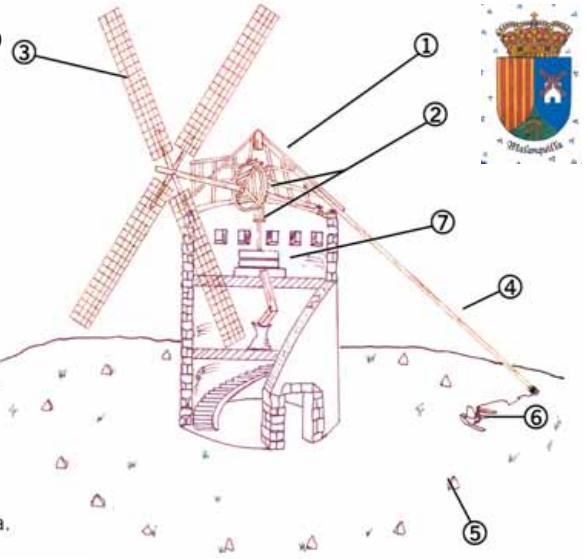
Francisco Lobato incluyó en su manuscrito varios molinos de viento, pero bastantes más modelos movidos por agua. Afirma que el primero eólico que se inventó es «el común», que denominaríamos «de torre» (fig. 17.3.1), en el que la caperuza con las aspas es reorientable, indicándose con ello que se veían con abundancia en España en aquella época. Otro que presenta es un molino «de poste» que «inventaron en Flandes»[10] (fig. 17.3.2); en este modelo, al orientar el molino al viento domi-

[9] Hay que pensar que en el siglo XVI orientar un molino de viento (o solo su caperuza) era una tarea manual a la que debía estar atento el molinero, moviéndolo mediante una pértiga, que debía ser fijada a postes o hitos externos (sobre el suelo) para evitar desplazamientos angulares frente al viento dominante en un momento dado. En el siglo XVIII el herrero inglés Edmund Lee patenta (1745, patente n.º 615: *Self-regulating wind machine*) un sistema para orientarlo automáticamente, basado en el principio de realimentación (v. Otto MAYR: *The origins of feedback control*, The MIT Press, 1970). Consistía en añadirle al molino unas aspas auxiliares pequeñas, perpendiculares al eje que soporta las aspas principales; si el viento cambia de orientación, el sistema auxiliar obliga a girar a la caperuza del molino sobre su eje. Ello suponía, entre otras cosas, disponer de un engranaje de diámetro importante, alrededor del molino, de fundición, lo que no era realizable en el s. XVI.

[10] J. A. GARCÍA-DIEGO y N. GARCÍA TAPIA (eds.), 1987, pp. 78-79.

Patrimonio recuperado (1)

EL MOLINO DE VIENTO DE MALANQUILLA (Zaragoza)



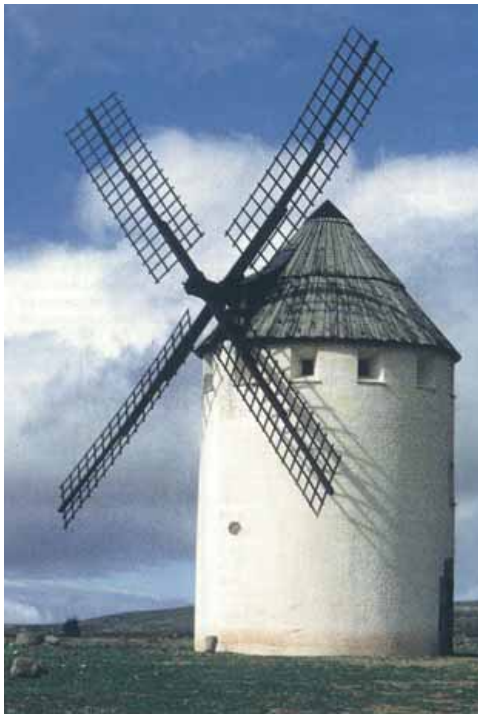
Esquema de molino tipo manchego (S. Breto, 2000):

1. Caperuza giratoria.
2. Engranaje: rueda catalina y linterna.
3. Aspas.
4. Pértiga.
5. Hitos.
6. Borriquete.
7. Piedras molienda: volandera y solera.

Datado en el siglo XVI, recuperado en 1982, es uno de los más antiguos molinos de tipo manchego conservados, siendo superior en dimensiones a la mayoría de ellos (algo más de 21 m de perímetro exterior y muro de unos 9 m de altura). Se cuenta entre los escasos restos de este tipo de ingenios para moler que existen en Aragón, uno de los dos únicos restaurados, junto con el turolense de Ojos Negros.

Ya en 1200 hay referencias a la presencia de molinos de viento en tierras aragonesas. La memoria sobre su funcionamiento se perdió de tal forma, sin embargo, que hasta hace pocos años todavía se dudaba de su existencia, pues sus edificios característicos, de planta redonda, fueron a menudo confundidos con torres vigía o construcciones defensivas. Al menos hoy están identificados como tales los de Torralba de Ribota, Used, Sestrica, Bujaraloz, Aguilón, Luna y Tauste (en Zaragoza), Samitier (en Huesca) y Jabaloyas, Castelserás, Ojos Negros y Sarrión (en Teruel).

Situado en un altozano a la entrada de Malanquilla, hay documentación sobre el molino que testimonia su actividad entre los siglos XVII y XIX, época en que lo citó Madoz en su *Diccionario Geográfico*, aunque data también de esa centuria la noticia de su abandono.



De planta circular y sección ligeramente troncocónica (aunque reconstruido casi cilíndricamente), con doce pequeños vanos en su parte alta que permitían al molinero conocer la dirección del viento, es un edificio de mampostería con sillarejo y sillares en sus dos puertas (útiles para el libre acceso al edificio, independientemente de la orientación de las aspas). Fue reconstruido entre 1977 y 1982 a iniciativa de un grupo de escolares de la localidad, que lograron por ello un premio del programa «Misión Rescate». Se contó para su recuperación con técnicos manchegos que rehicieron la caperuza (giratoria, para orientar las aspas y aprovechar al máximo la energía eólica) y la catalina, la rueda principal que mueve el mecanismo. Hoy es una seña de identidad de Malanquilla, hasta el punto de haber sido integrado en 1991 en la heráldica municipal.

nante giraba gran parte de la construcción, que se asentaba sobre un poste o trípode (también denominado a veces «de pivote»). Lobato se manifiesta impactado por un modelo que en 1556 «hizo hacer Gaspar Rotilo, alemán, vecino de Almagro, [...] el más costoso que en España se había visto»[11] (fig. 17.2.2, donde se puede observar que la construcción auxiliar dificulta la rotación completa del «capirote» —la caperuza— y aspas; por error, el eje de las aspas parece empotrado en la torre). En algunas regiones europeas, como los Países Bajos, el molino de viento predominaba, a diferencia de lo que ocurría en España.

Los autores de los diversos «teatros de máquinas», franceses o italianos sobre todo, afirmaban presentar sus propias invenciones; sin embargo, Vittorio Zonca, en su compilación *Novo Teatro di Machine et Edificii* (publicada en Padua en 1607, aunque escrita con anterioridad, ya que Zonca murió en 1603)[12], describe casi únicamente ingenios reales, ejemplos concretos que existían y podían localizarse, aunque añadiendo propuestas de posibles mejoras. Los libros once y trece de *Los Veintiún Libros* mantienen un método semejante: el de presentar molinos e ingenios existentes, sugiriendo a veces la forma de mejorarlos. En cualquier caso, solo estos dos libros del manuscrito matritense, dentro del amplio tratado que los contiene, constituyen la más rica fuente europea de noticias que se posee sobre los molinos hidráulicos empleados en la proto-industria renacentista.

Vitruvio, autor del célebre tratado *De Architectura*, escrito en la Roma clásica (s. II d. C.), del que no se conocen ilustraciones de época, fue el primero en describir un molino de agua. En su obra, señala que la rueda móvil de estos ingenios opera en plano vertical (eje horizontal), lo que precisa que se le acople un engranaje para funcionar.

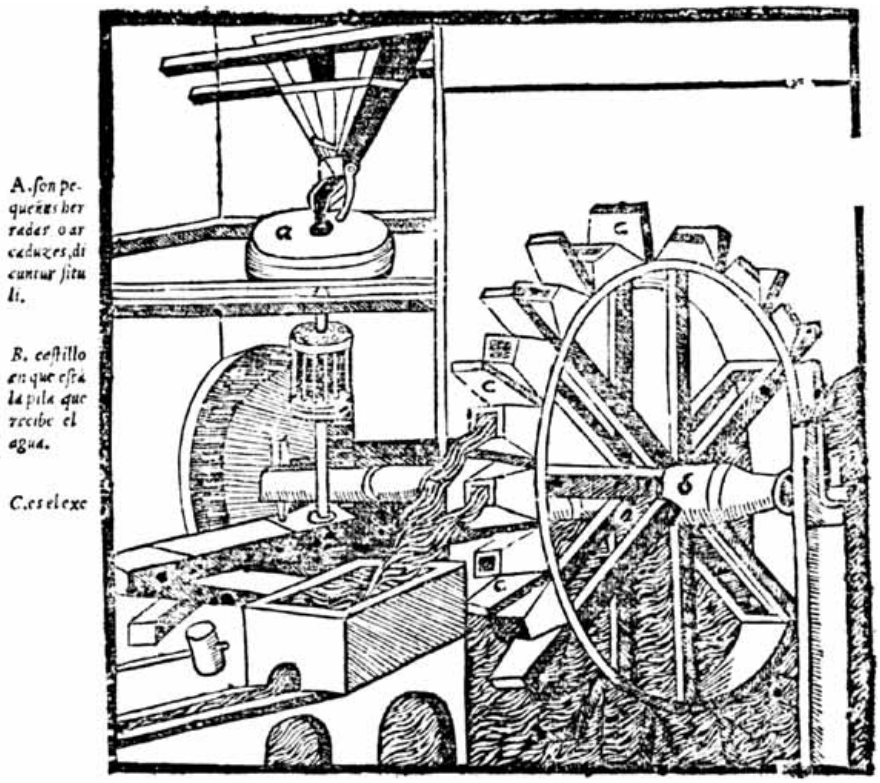
La fig. 17.4.1 muestra la interpretación xilografiada en la traducción impresa castellana del alcalaíno Juan de Urrea (Alcalá de Henares, 1582). Este tipo de molino hidráulico, denominado en España «aceña», fue predominante en muchas partes de Europa durante la Edad Media[13]. Su presencia se atestigua tanto documentalmente como en la toponimia, pero al parecer no fueron tan frecuentes como al otro lado de los Pirineos.

En efecto, provistas sus ruedas motrices con paletas planas, tienen un rendimiento muy bajo, siendo bastante consumidoras de agua, precisando por tanto instalarse en el cauce de cursos fluviales caudalosos. En la rueda «vitruviana» el empuje motor es horizontal, de acuerdo con el curso del agua. Alternativamente existe otro tipo de rueda vertical en el que la alimentación es por la parte superior, siendo la gravedad, empuje vertical, la principal encargada de moverla. Se suele denominar rueda «gravitatoria», o si el curso de agua carga unos cangilones, lo que aumenta su

[11] J. A. García-Diego y N. García Tapia (eds.), 1987, pp. 76-77.

[12] Edición facsímil por Carlo Poni, Il Polifilo, Milán, 1987.

[13] Sobre «aceña», véase J. Caro Baroja: *Tecnología popular española,* Editora Nacional, Madrid, 1983, pp. 239-348.



17.4.1. Rueda con paletas rectas y cangilones para elevar agua. *M. Vitruvio Pollion,* De Architectura*; traducción al castellano de Miguel de Urrea, Alcalá 1582.*

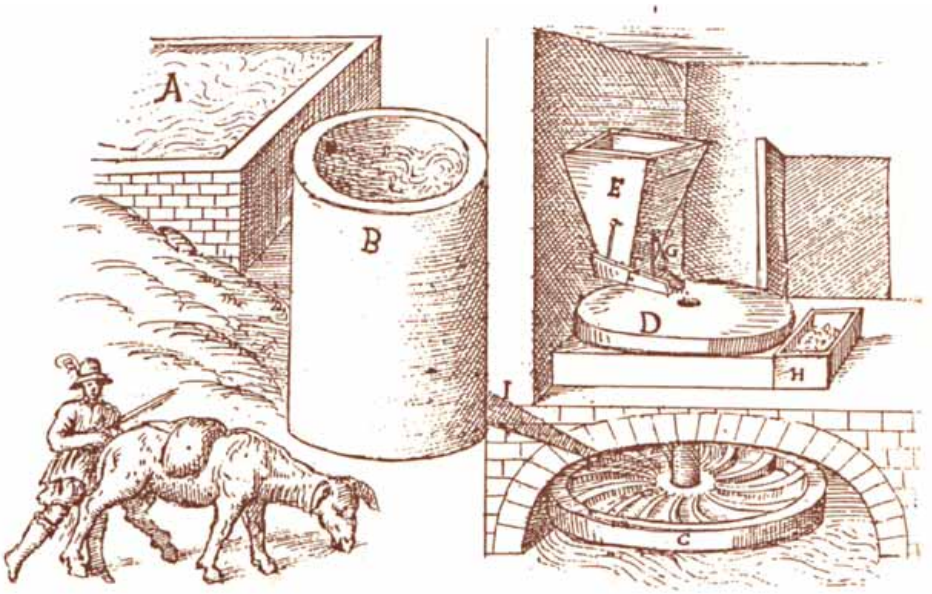
17.4.2. Rueda vitruviana básica. *Herrería de Compludo (documentada en el siglo XIX), Ponferrada (León). (Fot. MSS.)*

rendimiento, rueda «de cangilones»[14]. Las ruedas gravitatorias o de cangilones son bastante lentas, por lo que normalmente ha de haber un multiplicador de velocidad (rueda con engranajes y jaula o linterna); sus ventajas son que pueden moler con muy poca agua y poseen un rendimiento elevado.

En España los molinos de rueda hidráulica horizontal (i.e. de eje vertical) y paletas curvas, de «rodezno», fueron mucho más abundantes que los de rueda vertical (figs. 17.5, 17.6, 17.8 y 17.9). En las montañas del norte se usó ordinariamente un tipo que disponía de un caz de madera, muy sencillo, que llevaba el agua a la rueda. De eje vertical fueron también la mayoría de los molinos de marea que se instalaron en la costa de Cantabria y Galicia, pero exhibiendo características especiales. Aunque modelos de estos aparecen descritos en diversos «teatros de máquinas», como por ejemplo el de Faustus Verantius, *Machinae Novae* (Venecia, 1595), sus instalaciones se harán más frecuentes durante la Ilustración.

En *Los Veintiún Libros* se afirma que

> el primer modo de molino, y el más común y universal, es el molino de canal abierta, aunque no muele mucho. Este modo de molino no es de mucho artificio. Todo el arti-



17.5. Molino de balsa (A) y cubo (B). Los Veintiún Libros *(Biblioteca Nacional., Madrid). Perspectiva con sección (fol. 311v).*

[14] El batán de la fig. 17.10 utiliza una rueda vertical alimentada por arriba y con paletas planas. En otros casos se emplea una rueda con compartimentos a modo de cangilones abiertos. Este tipo de ruedas son frecuentes tanto en el tratado de G. Agrícola: *De Re Metallica* (v., por ejemplo, la fig. 13.6, del capítulo sobre minería), como en los manuscritos matritenses de Leonardo da Vinci, lo que sugiere un uso bastante extendido en el Renacimiento.

> ficio y primor de él consiste en saber asentar la canal, que la agua vaya a herir en las palas de la rueda en un cierto modo[15].

Sin embargo, en muchas regiones hispanas el molino empleaba un cubo, un habitáculo de piedra donde se almacenaba el agua que lo alimentaba a presión, y en cuya parte inferior existía una abertura estrecha, el saetín, que dirigía el agua a los álabes del rodezno. El cubo permitía incrementar el rendimiento energético si se mantenía completamente lleno, lo que necesitaba un cierto control del nivel de agua en el mismo y, por consiguiente, sobre la acequia.

Es posible que los molinos de cubo provengan de la época musulmana, pues se encuentran por todos los países vinculados al dominio musulmán, hasta Persia en el Oriente, también en Chipre y Creta[16]. En cualquier caso, predominaron en Aragón, Andalucía y Castilla la Nueva. No requerían mucha agua, aunque desarrollaban notoriamente menos trabajo que las aceñas, que tenían que operar en ríos con corrientes bastante mayores que los que permitían trabajar a los molinos de cubo. Los rodeznos se difundieron mucho en regiones montañosas, donde un arroyo podía accionar las muelas para triturar pequeñas cantidades de grano (por ejemplo, en molinos para una familia, o poco más); o bien en pueblos que sufrían sequía en verano. Cuando ello era posible, se almacenaba agua también en alguna otra construcción previa al cubo, dando lugar a los denominados molinos «de balsa y cubo» (fig. 17.5). En otros casos, si se iba salvando un importante desnivel de forma progresiva, a veces se disponían diversos cubos de manera escalonada, para lograr un mejor aprovechamiento del agua. Así se hizo en sitios tan distantes como en la serranía de Cáceres o en el bello valle de La Orotava, en Canarias[17].

Probablemente a mediados del siglo XVI, algunos artífices de molinos trataron de aumentar los rendimientos recurriendo a introducir el rodezno dentro de una pieza redonda de fábrica o cubete, en cuyo interior, como explica García Tapia, el agua gira y «en su movimiento de remolino desarrolla una gran energía por efecto de la fuerza centrífuga». Entretanto, los álabes se curvaron para impulsar el agua hacia atrás, añadiéndose la fuerza de reacción al efecto de la centrífuga[18]. En cualquier caso, los «dos principios (efecto centrífugo y reacción) son el fundamento de las actuales turbinas hidráulicas de reacción que fueron desarrolladas en Francia a partir del siglo XIX por Fourneyron. Este inventor se basó en las antiguas ruedas de molino francesas expuestas en el tratado de Bélidor (del siglo XVIII), cuyo funcionamiento es igual a las de "regolfo"»[19]. Aunque los ingenieros de la época no comprendieron bien

---

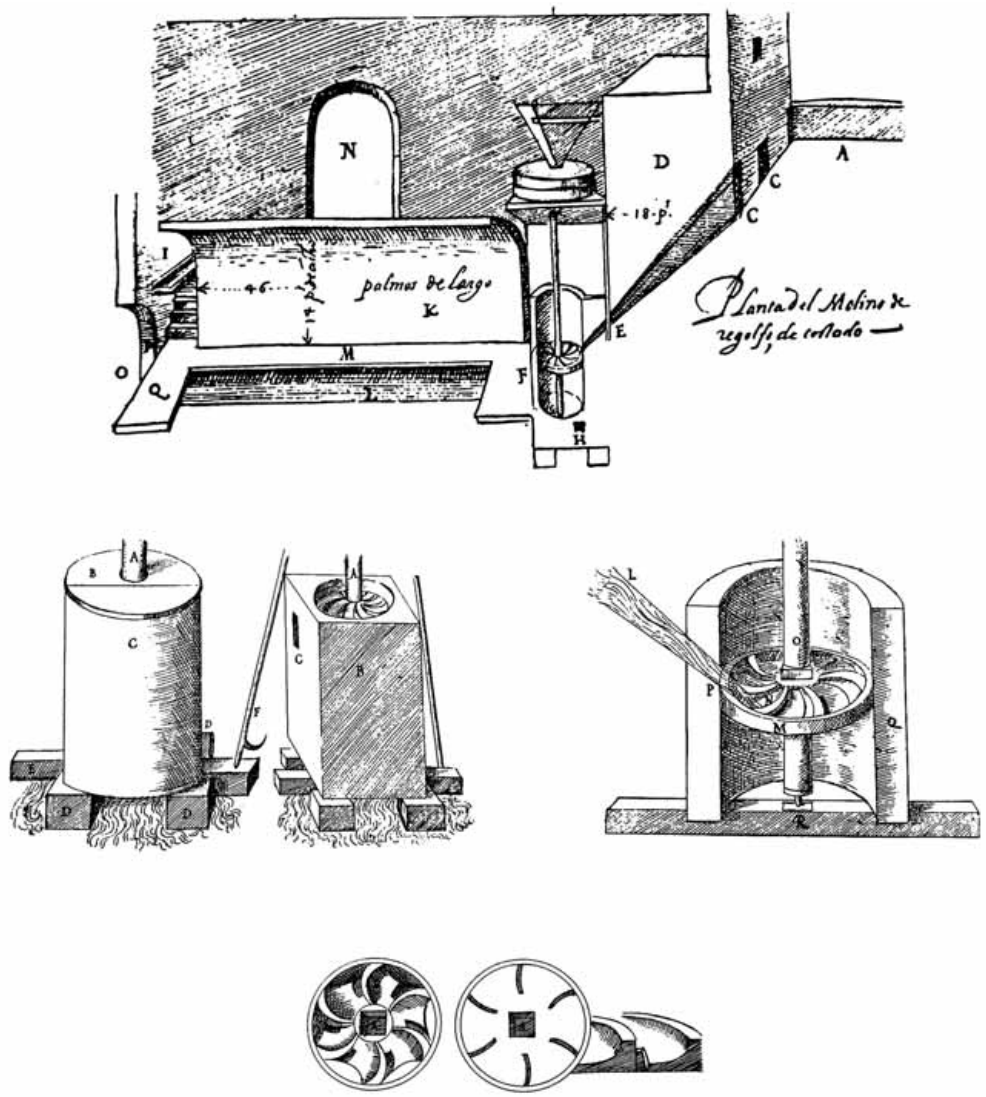
15 Fol. 288r-v.

16 A. G. KELLER: «Northern and Southern Horizontal Watermills», en *Energie in der Geschichte*, Duesseldorf, 1984, p. 132.

17 I. GONZÁLEZ TASCÓN: *Fábricas hidráulicas españolas*, 1987, pp. 196 y 205.

18 N. GARCÍA TAPIA: *Técnica y poder en Castilla durante los siglos XVI y XVII*, 1989, p. 109.

19 *Ibidem.*



17.6. Molino de regolfo *en* Los Veintiún Libros *(Biblioteca Nacional, Madrid): sección longitudinal, cubetes, sección de un cubete y rodete (fols. 313v, 305r, 306r y 315v).*

por qué los molinos de regolfo —que es su nombre común— tenían más fuerza que los molinos de cubo sencillo, está claro que supieron que tenían tal efecto (fig. 17.6). De costosa construcción, solo los concejos y personajes con importantes medios económicos pudieron disponer de ellos, debiéndose constatar también que necesitaban un mayor mantenimiento que los molinos de cubo.

Probablemente esta invención se fraguó a mediados del siglo XVI en el Alto Aragón, siendo particularmente eficientes ante saltos pequeños —unos tres metros

o menos— y caudales relativamente importantes. El primer molino de regolfo datado lo construyó un desconocido «maestro de çequias» denominado Mas, en Pina (Zaragoza) en 1555, para el Conde de Sástago; algo más tardíos son los de Daroca (1566) y Zaragoza (1567), en ambos casos mandados construir por sus respectivos concejos[20], y con intervención del metalista e «ingeniero» Guillén de Tuxarón. A partir de entonces se difundieron por gran parte de la Península Ibérica. Por ejemplo, el clérigo Sánchez Cerrudo realizó uno que operó en 1597 en la Compaña de el Escorial. Entre tanto, los molinos de regolfo escasearon al otro lado de los Pirineos, donde siguieron predominando las aceñas.

Los molinos de regolfo precisan una mayor cantidad de agua, por lo que a menudo disponían de una balsa para acumulación, si no se hallaba cerca de una corriente abundante. Muchos de esos molinos aparecen en las páginas de *Los Veintiún Libros*; según su costumbre, el autor, como un músico, expone el tema y lo acompaña con variaciones. Por otro lado, Lobato describe «un molino de regolfo como se ha empezado a hacer en Adaja de pocos años a esta parte»[21] y en otros lugares de los alrededores. Quizá tal novedad le estimuló a escribir, al principio de su catálogo de molinos:

> Hasta este año de 1577 se han inventado en España las suertes de molinos de agua que irán puestas [...], y esto lo hago por razón de como cada día se va adelgazando más el ingenio de los hombres, van con muchas maneras inventando cosas[22].

Esta misma conciencia de progreso técnico se expresa también por algunos otros escritores de la segunda mitad del siglo. El propio Lobato creyó que un molino que él había diseñado era tan eficaz que «acabado mi molino y máquina en perfección [...] no será menester aceñas en Duero, ni Guadalquivir, ni Tajo [...] ni en todos los más ríos de España»[23]. Sin embargo, aunque fue un proyecto elaborado a lo largo de al menos diecisiete años, él mismo llega a confesar que no consiguió perfeccionarlo jamás.

II

Otros ingenios accionados hidráulicamente

Al hablar de molinos se tiene tendencia a pensar en los de cereal. Después de todo, los hombres precisan cotidianamente pan como una de sus primeras necesidades. Aun así, a lo largo de la Edad Media, y también durante la época que aquí se trata, el agua accionaba muchas otras máquinas y proporcionaba la fuerza motriz a

[20] El de Daroca, al parecer basado en diseño de Guillén de Tuxarón, probablemente fue realizado por Juan de Zumista (entre 1564-66) y costó al concejo entre siete y ocho mil ducados; el de Zaragoza, diseñado y ejecutado por Tuxarón, se comenzó en 1566, alquilándose el molino al año siguiente, en septiembre (véase C. Blázquez y S. Pallaruelo: *Maestros del Agua*, 1999, pp. 254-287).

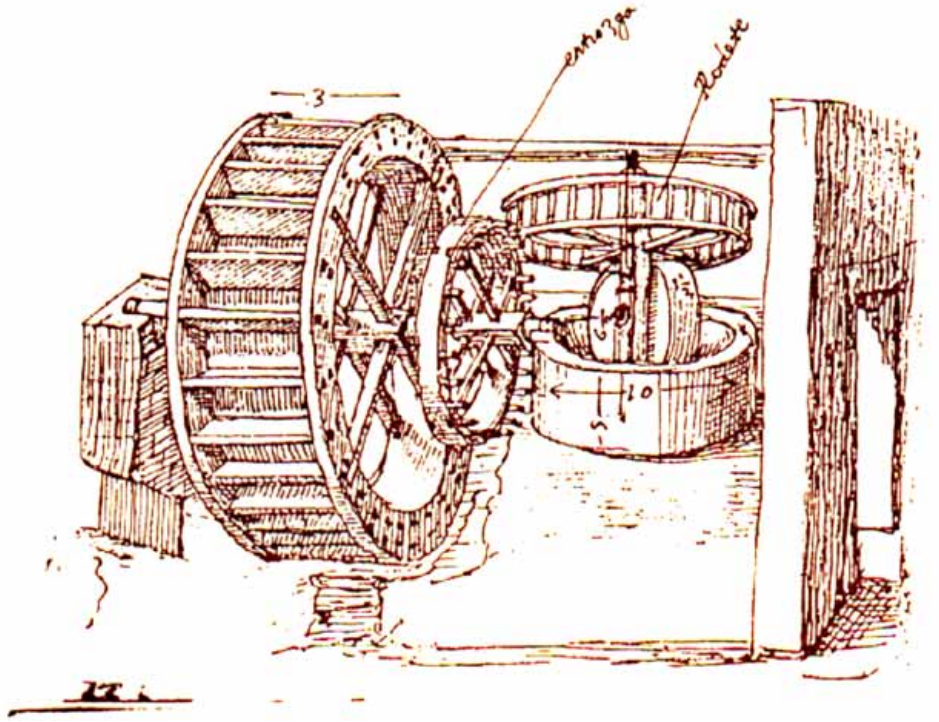
[21] J. A. García-Diego y N. García Tapia (eds.), 1987, p. 59.

[22] *Ibidem,* p. 65.

[23] *Ibidem,* p. 91.

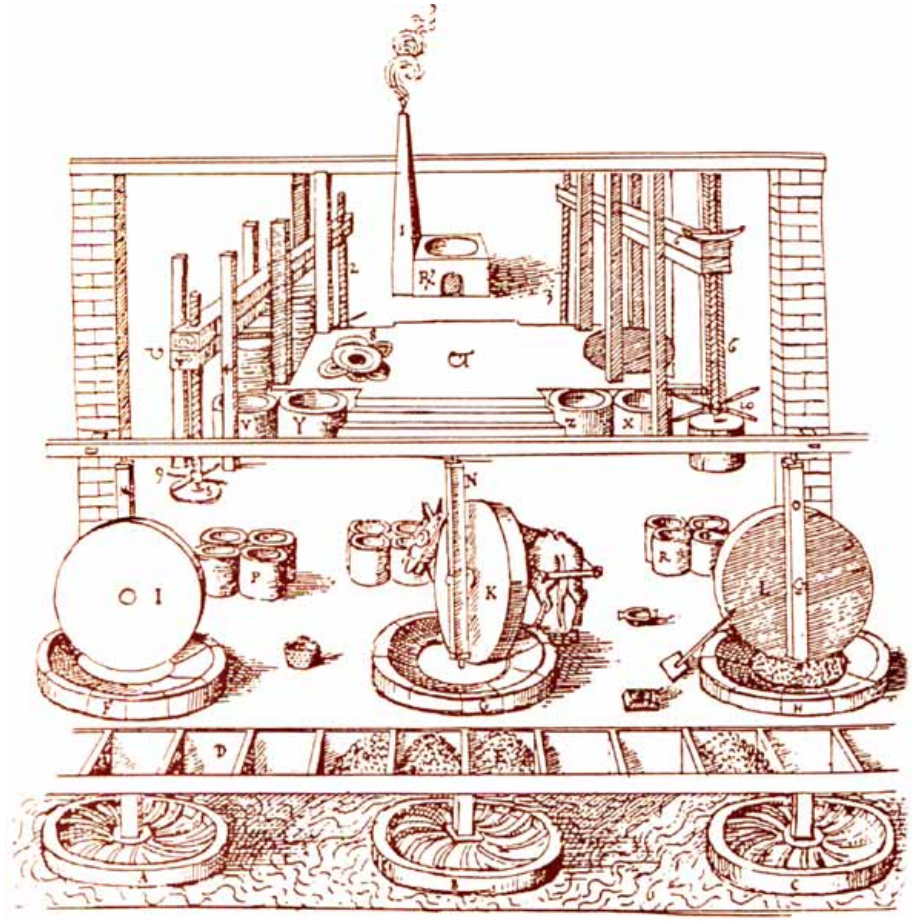
muy diversas industrias, en multitud de operaciones que requiriesen un movimiento sencillo, rotatorio o rectilíneo. Así, para la elaboración de otros alimentos se utilizaron ingenios en los cuales la muela superior se asienta lateralmente, como una rueda vertical, arrollando el material que se debía moler[24]. En vez de triturar, estos rollos aplastaban (figs. 17.7-9); así ocurría, por ejemplo, con las aceitunas para extraer su aceite. Las almazaras —vocablo que como aceite, aceña, acequia, almadaneta, arroz, azúcar, azud, ceca, noria, tahona o zahorí también deriva del árabe— existían desde la Antigüedad en los países mediterráneos, pero, como las tahonas, fueron molinos de sangre prácticamente hasta la actualidad. No obstante, en *Los Veintiún Libros* se representa un molino de aceite de tipo hidráulico, en el cual una rueda vertical con compartimentos acciona un rollo por medio de un engranaje. El dibujante plasma un insólito piñón encima del eje, alrededor del cual gira el rollo, con la indicación de su nombre: «rodete» (fig. 17.7).

El mismo texto describe en detalle la elaboración del aceite. Según el autor, en Cataluña los hombres seguían pisando las aceitunas hasta reducirlas a pulpa, por lo que estimó que podía proponer una técnica más eficaz. Al parecer, aunque fueran



17.7. Molino hidráulico aceitero con rueda vertical (dibujo dimensionado)*, según* Los Veintiún Libros *(Biblioteca Nacional, Madrid), fol. 334r.*

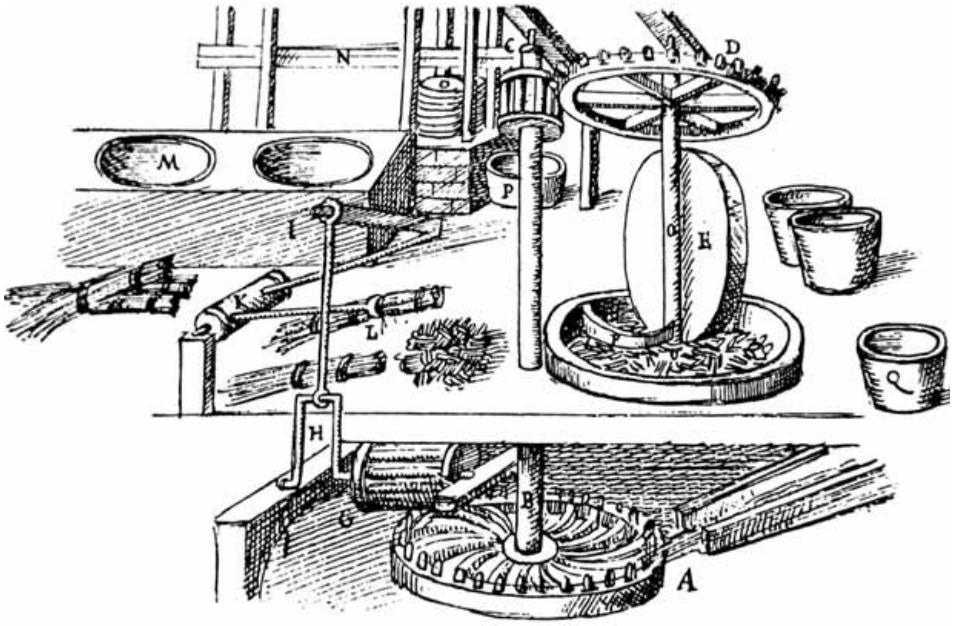
[24] I. González Tascón: «Ingenios y Máquinas para la Industria», 1998, pp. 254-255.



17.8. Proceso de extracción del aceite, *en* Los Veintiún Libros *(Biblioteca Nacional, Madrid), fol. 333v. Obsérvese la existencia de dos prensas de libra a ambos lados en la parte superior.*

muy antiguos, los rollos no eran universales. Una ilustración del códice muestra las diversas etapas del proceso en una almazara: en primer lugar había que calentar la pulpa de las aceitunas en agua; posteriormente, se exprimía el aceite. El procedimiento en su conjunto puede verse en la figura 17.8. Aparece un molino que puede dar la impresión de que se usaran dos fuentes de energía: animal —el asno— e hidráulica. Por supuesto, nunca se empleaban las dos conjuntamente, pero el autor quiso mostrar la posibilidad de ambas alternativas.

Almazaras existieron en muchos lugares. Un tipo de ingenio más peculiar (presente en la España sur-oriental), lo constituyen los trapiches azucareros, de procedencia árabe también, aunque sus orígenes se hallan en la India, donde el azúcar se cultivaba desde épocas remotas. El procedimiento utilizado era semejante: se cortaba la caña dulce y se aplastaba con un rollo en una cubeta, como las aceitunas. En *Los Veintiún Libros* se presenta un dispositivo (fig. 17.9) para, accionando una



17.9. Trapiche para caña de azúcar y mecanismo de corte *(con error de copia en el mecanismo de corte de la caña), según* Los Veintiún Libros *(Biblioteca Nacional, Madrid), fol. 335v.*

cuchilla mediante una biela, cortar las cañas antes de echar los trozos en la cubeta[25]. Sin embargo, la solución tal y como se describe mediante la ilustración no era eficaz, no siendo la única copia de la época en que se dibuja erróneamente un mecanismo biela-cigüeñal.

El autor propone distintas máquinas para la elaboración de otras materias primas por medio del accionamiento de un eje de levas que, al girar, mueve unos mazos o pisones; explica que los «levadores» «son una aspa para mover los mazos en alto y como caen» pueden moler arroz, o farro (cebada a medio moler, remojada y sin cascarilla) u hordio (cebada), para «limpiarlos», es decir decascarillarlos[26]. Una utilización básica de este género de máquina hidráulica fue enfurtir paños en los batanes, y por lo tanto en *Los Veintiún Libros* la relación de tales máquinas se inicia con el «molino batán» [sic], un ingenio que se difundió por Europa ya en la Edad Media y cuyo principio de funcionamiento no se alteró sustancialmente hasta el siglo XIX. Este tipo de máquinas fue el prototipo de las que aprovechaban un movimiento de vaivén: mediante su peso, los mazos caen hacia abajo, sea describiendo un arco de circunferencia (v. la fig. 17.10, o la del molino de pólvora, en el fol. 332r

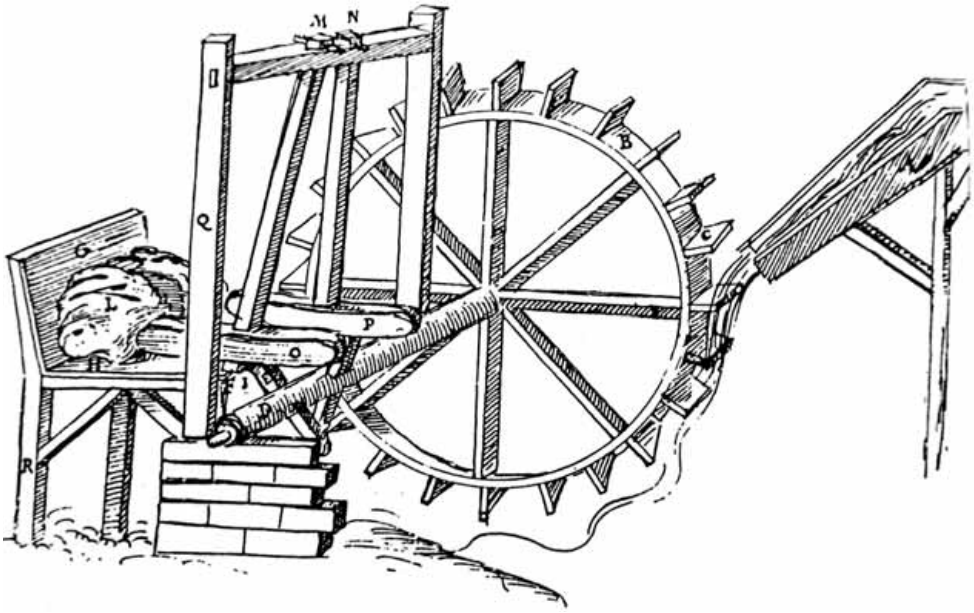
[25] *Los Veintiún Libros*, II, pp. 399-400 (fols. 335r-336r).

[26] *Los Veintiún Libros*, II, p. 392 (fol. 330r) y pp. 394-395 (fol. 332r-v).

del manuscrito), sea en línea recta[27]. El principio del funcionamiento del batán es el mismo que el de los martinetes de forja, tema que no se aborda en el manuscrito. En estos casos, con objeto de evitar engranajes se suele emplear preponderantemente la rueda hidráulica vitruviana, lo que hacía por otro lado muy fácil la reconversión de un molino de aceña en un batán, y viceversa, en función de las expectativas de lucro en cada momento.

Los batanes son las únicas máquinas usadas en la fabricación de tejidos que se presentan en *Los Veintiún Libros*. Faltan otras para la preparación de paños que, sin embargo, ya estaban en uso en Italia en aquella época, como por ejemplo las de satinar o de cardar. Tampoco se incluye ningún ingenio para zurrar cuero, mientras que sí los hay en el *Novo Teatro di Machine ed Edificii* de Vittorio Zonca (fig. 17.11).

Tras el molino de aceite, el autor de *Los Veintiún Libros* pasa a la prensa de cera, un ingenio hermoso, que describe para terminar su libro de máquinas industriales, en el cual una rueda hidráulica vertical impulsa, mediante un cigüeñal, unos martillos

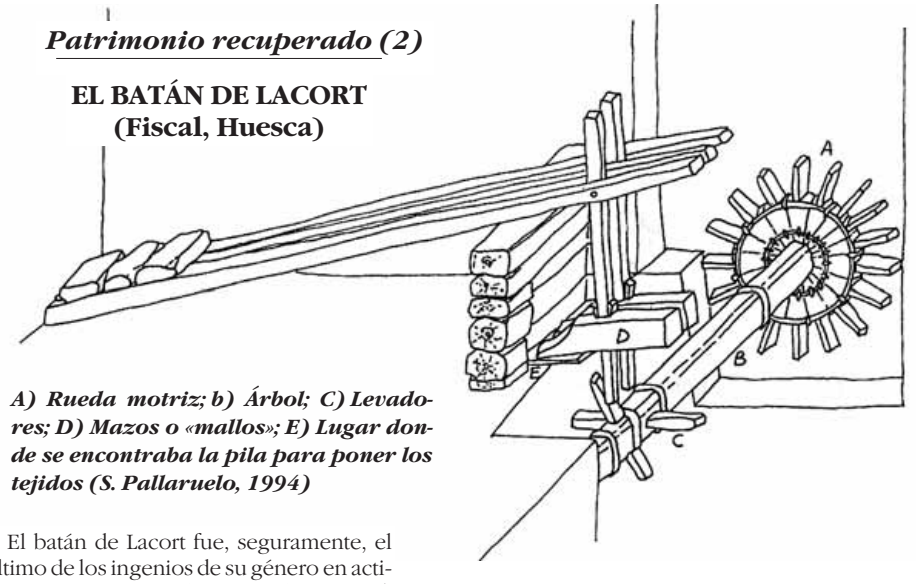


17.10. Batán, según Los Veintiún Libros *(Biblioteca Nacional, Madrid), fol. 331v. Los paños son L; los mazos o martinetes están identificados como O y P, siendo movidos por las levas E, solidarias al eje D. Se supone que los mazos están suspendidos, pero no emptrados en M y N.*

27 Así ocurre, por ejemplo, en los molinos de almadanetas en los que los mazos caen en vertical (emplean un importante mazo de hierro para romper las piedras; véase la fig. 13.9, capítulo sobre minería). Otras máquinas con levas, para accionar fuelles, se muestran en la fig. 13.4 y en «Patrimonio recuperado» (3), los molinos de pólvora de Villafeliche. También se muestran molinos de este tipo en la fig. 17.13 (en la parte superior se observan tres).

Patrimonio recuperado (2)

EL BATÁN DE LACORT (Fiscal, Huesca)



A) Rueda motriz; b) Árbol; C) Levadores; D) Mazos o «mallos»; E) Lugar donde se encontraba la pila para poner los tejidos (S. Pallaruelo, 1994)

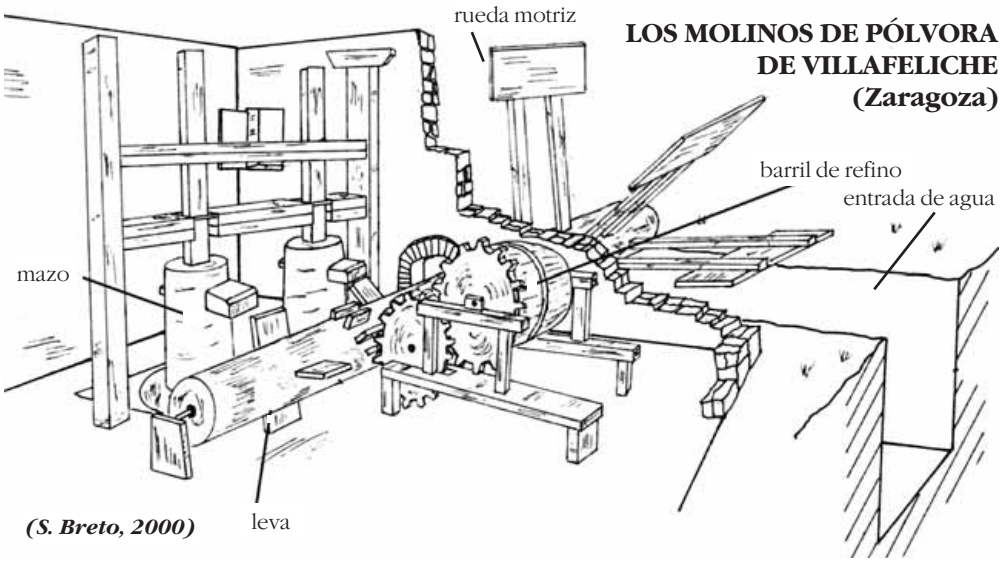
El batán de Lacort fue, seguramente, el último de los ingenios de su género en activo en Aragón, pues lo estuvo hasta 1974. Hoy, tras su recuperación por el Ayuntamiento de Fiscal y el Gobierno de Aragón, probablemente es el único que puede verse en funcionamiento —si bien como mera demostración de su actividad, no para abatanar paños— en España.

Se desconoce la fecha de construcción de este antiguo molino trapero. Los batanes estuvieron muy extendidos por Europa desde la Edad Media, si bien fue en el siglo XVI cuando empezaron a ubicarse en las afueras o apartados de los núcleos de población, para evitar las molestias causadas por el ruido de los mazos. De su difusión en Aragón en el siglo XVIII da noticia Ignacio Jordán de Asso, mientras que Pascual Madoz, que cita el ingenio de Lacort en su *Diccionario Geográfico*, testimonia su pujante actividad en el XIX.

El batán de Lacort estuvo en un descampado entre el pueblo y el río, en la denominada «Casa Morer». Pequeño edificio de mampostería cubierto con tejado de losas, a comienzos del siglo XX se le adosó una serrería hidráulica, movida también por medio de una rueda de eje horizontal que giraba con la fuerza de la corriente. Los gruesos y pesados mazos del batán desengrasaron y reforzaron los paños que se tejían en toda la comarca, especialmente en Ligüerre de Ara, aunque también en Aínsa, Guaso y numerosas localidades de la Solana de Burgasé y el valle de Vió.

Cuando Lacort fue expropiado por el proyecto del embalse de Jánovas, el batán hubo de ser abandonado, junto con el resto del pueblo. Para evitar su ruina, en 1997 se trasladó a Fiscal, donde fue restaurado y vuelto a montar en un edificio similar al original, nuevamente junto al río Ara.

LOS MOLINOS DE PÓLVORA DE VILLAFELICHE (Zaragoza)



(S. Breto, 2000)

Aunque las primeras noticias documentales halladas sobre la fabricación de pólvora en Villafeliche datan de principios del siglo XVII, esta actividad tuvo su origen mucho antes. En los siglos XVI y XVII fueron ya varios los molinos de pólvora en funcionamiento, favorecido por la existencia de salitre en la zona (principalmente, en Épila), así como de minas relativamente próximas de azufre (en Libros), la posibilidad de obtener abundante carbón vegetal (a partir de sarmientos de vid, incluso de ramas de sauce), y la facilidad para el cultivo del cáñamo, para fabricar mechas.

La época más floreciente para estas instalaciones manufactureras se sitúa en el siglo XVIII y la primera mitad del XIX, en que llegó a haber doscientos molinos de pólvora; a ellos hacen referencia Antonio Ponz en su *Viaje por España* (1788) y Pascual Madoz en su *Diccionario Geográfico* (1845). Situados junto a la Acequia Molinar, derivada del río Jiloca, conformaron las Reales Fábricas de Pólvora de Villafeliche, de gran importancia no solo para el abastecimiento de este material en la Península Ibérica, sino como modelo «exportado» a Nueva España: hacia 1780 los molinos de pólvora de Santa Fe de Indias, en Méjico, fueron rehechos a imagen de los aragoneses. Para ello se encargó en 1764 a su director, Joseph del Campillo, que redactase un informe «sobre el modo de fabricar dicho genero y disponer los salitres y demás simples [...], para remitir a México y que sirviese de norma en la fábrica de aquel reyno». Gracias a ese informe, conservado en la Biblioteca del Palacio Real de Madrid, conocemos con detalle el proceso de fabricación de la pólvora en esos molinos, que se mantuvo, casi sin variaciones, hasta la definitiva extinción de esta actividad, ya en la segunda mitad del siglo XX.

De todas aquellas edificaciones quedan numerosos restos en la localidad, algunos relativamente bien conservados. En el año 2000 concluyó la reconstrucción de uno de ellos; con todos los elementos de las antiguas instalaciones, está en funcionamiento y muestra al visitante el tradicional procedimiento de elaboración de este explosivo.

17.11. Máquina para zurrar el cuero, *según V. Zonca,* Novo Teatro di Machine et Edificii *(Padua, 1602, p. 56). La transformación del movimiento de rotación continua de la caballería en uno alternante, que mueva la carga para curtir o aderezar las pieles, se realiza por un operario mediante una pértiga, engranando el movimiento inicial con piñones opuestos (tipo de mecanismo dibujado ya en el siglo XV por el ingeniero sienés Francesco di Giorgio Martini).*

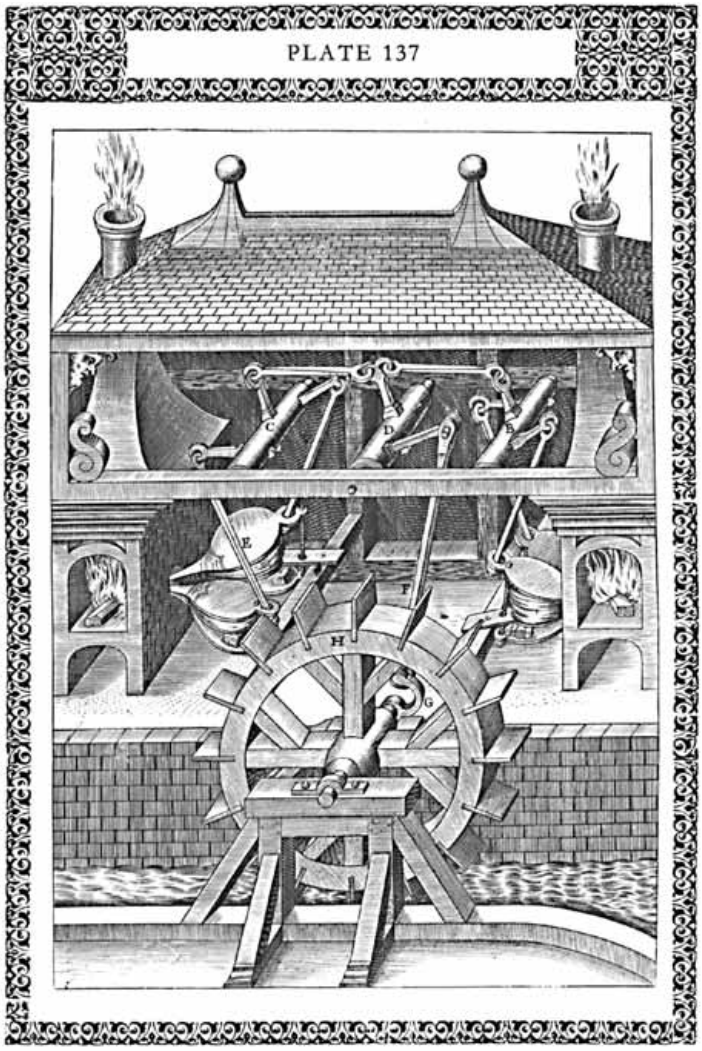
que empujan la cuña que prensa la cera (un error del dibujante hace inviable el funcionamiento de la máquina tal y como se representa)[28].

Hay otras ausencias entre las máquinas «industriales» difundidas por España en esa época. Por ejemplo, los ingenios para la fabricación de papel a base de trapos, que fueron introducidos en época musulmana, y que empezaron a aprovechar el agua como fuerza motriz a finales de la Edad Media. A finales del siglo XVI, los molinos papeleros florecieron en muy diversas partes de la Península, en particular en Córdoba, Cuenca, Zaragoza y Cataluña[29]. Una laguna semejante se halla en lo que respecta a las serrerías o a la industria metalúrgica, no presentándose en las páginas de *Los Veintiún Libros* ninguna ferrería, ni martinete, ni barquín movidos por la fuerza del agua. Biringuccio, el autor italiano cuya *Pirotechnia* tal vez inspiró la «hidrotechnia» que constituye el tratado *Los Veintiún Libros*, describe tales ingenios en detalle[30], aunque hay que reconocer que no dibujó la forja como debiera. Agostino Ramelli, también italiano, pero trabajando para el rey de Francia, representa ade-

[28] *Los Veintiún Libros*, II, pp. 427-429 (fols. 354v-355r).

[29] I. GONZÁLEZ TASCÓN: «Ingenios y Máquinas para la Industria», 1998, pp. 284-286.

[30] V. BIRINGUCCIO: *Pirotechnia*, 1540.

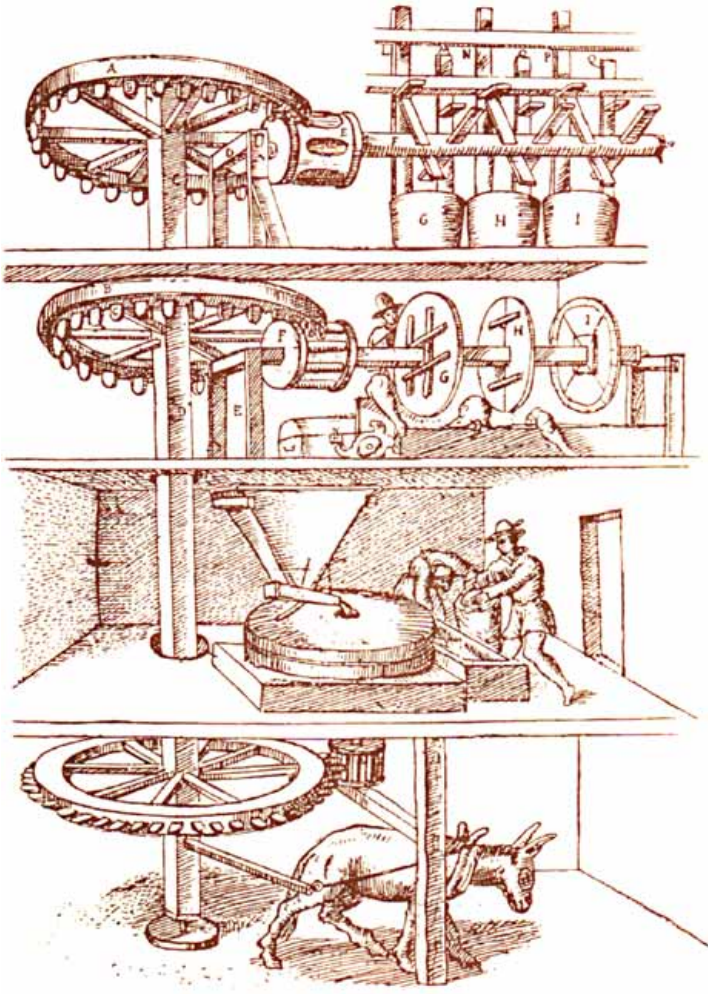


17.12. Sistema de soplado de cuatro barquines *que trabajan merced a los ejes B y C, solidariamente ligados al D. La rueda vitruviana mueve el cigüeñal G, y la biela F provoca el movimiento alternante deseado. Ilustración de la obra de Agostino Ramelli* Le Diverse et Artificiose Machine *(París, 1588).*

cuadamente los barquines y el mecanismo impulsor del movimiento en una ferrería con dos hornos, tipo de industria que ha perdurado muchos años (fig. 17.12). Una familia de Brabante, llamada Valckenborgh, tuvo como especialidad la pintura de vistas de minas y obras de hierro o de cobre, destacando en estos paisajes forjas y fraguas. Evidentemente, tales fábricas se veían en España en muy diversos lugares, especialmente en el nordeste, en el País Vasco, Cataluña y el Alto Aragón.

El autor de *Los Veintiún Libros* describe una única industria vinculada a los metales, más precisamente a la manufactura de armas. Advierte que «es cosa tan necesaria, hoy día, para las cosas de la guerra» que por ello la explica, «aunque ello es cosa muy común», tan común que es casi «afrenta haberlo de escribir». Con carácter previo pre-

senta una máquina con eje de levas para picar pólvora de escopeta[31]; aunque el dibujo muestra «una disposición algo tosca», está claro que asemeja a los ingenios que realmente se difundieron por todo el país (por ejemplo en Andalucía, en Sevilla en particular, así como en Aragón, en Villafeliche). Después incluye un dibujo y una descripción de una máquina para limpiar y bruñir armas, ya que, según dice, «he considerado la grande pena y trabajo que pasan en España los que hacen armas [...] en el llevar las ruedas a brazos». Si lo que escribe era cierto, los armeros seguían haciendo girar sus amoladoras con las manos, o al menos con ruedas movidas por tracción animal. Sin embargo, la armería de Aranjuez (construida entre 1590 y 1592) contó con una rueda



17.13. Molino «de sangre» de múltiples usos, *según* Los Veintiún Libros *(Biblioteca Nacional, Madrid), fol. 322r.*

31 *Los Veintiún Libros*, II, pp. 400-401 (fol. 336r-v).

hidráulica que movía no solamente el martinete de forja, también las amoladoras para pulir las armas y, quizá, el arnés. En el libro once, una ilustración (fig. 17.13) muestra un ingenio en el que un pobre burro «acciona» un eje que hace girar, por medio de un engranaje, un molino de harina, y por otro lado tres amoladoras y tres mazos para picar la pólvora[32].

En el apartado de técnica importada hay que destacar el Ingenio de la Moneda de Segovia (1582-86), importantísima ceca que acuñaba las piezas con una perfección tal que resultaba muy difícil de falsificar[33]. La maquinaria básica fue donación del Archiduque Fernando de Austria a Felipe II. Bajo la supervisión de Juan de Herrera, fue instalada a orillas del Eresma, donde antes hubo un molino de harina y papel, algunos de cuyos elementos fueron reutilizados. Procedentes de Innsbruck, el transporte de la maquinaria, con algunos de los artífices, se demoró un año, en un viaje repleto de penalidades, llegando a Segovia en 1584. En la instalación, la fuerza del agua accionaba los rodillos de laminar las planchas de metal y también los que imprimían las imágenes requeridas. Probablemente el autor de *Los Veintiún Libros* no conoció la ceca segoviana. De significada productividad, funcionó hasta 1868.

III

Procesos «proto-industriales»

Dentro de este apartado, siguiendo el hilo conductor de *Los Veintiún Libros*, se consideran en primer lugar la producción del almidón y el lavado de lana, procesos dentro del ámbito de la actividad textil. A continuación se mencionan otros de refino en los que se utiliza de forma esencial el líquido elemento. Se trata de la obtención del alumbre, del vitriolo (o caparrosa) y del salitre.

Partiendo de cómo se limpian los arroces, el autor del tratado «dará cuenta y razón del hacer el almidón» (fig. 17.14). Para esta labor había que obtener, en primer lugar, harina de trigo, aunque «con mayor delicadeza». Para ello describe cómo la harina limpia se remoja en una cubeta grande (A) y después se echa la mezcla en una artesa, donde se pisa con los pies (B), dejándola hasta que el agua esté clara y la harina pueda asentarse (en D); después, se retira el agua y se deja secar la harina (E), hasta que puedan hacerse pastillas[34]. La elaboración del almidón era un negocio floreciente. En aquella época —finales del siglo XVI y principios del siguiente—, la gorguera y el puño estuvieron muy de moda, ya que las partes descubiertas de la camisa que debían ser vistas tenían que estar rígidas, firmes y limpias, pues era casi como una muestra de hidalguía

[32] *Los Veintiún Libros*, II, pp. 381-383 (fols. 321v-323r).

[33] N. García Tapia: *Técnica y Poder en Castilla*, pp. 125-145.

[34] *Los Veintiún Libros*, II, pp. 397-399 (fols. 334v-335r).

17.14. Fabricación de almidón, *según* Los Veintiún Libros *(Biblioteca Nacional, Madrid), fol. 334v.*

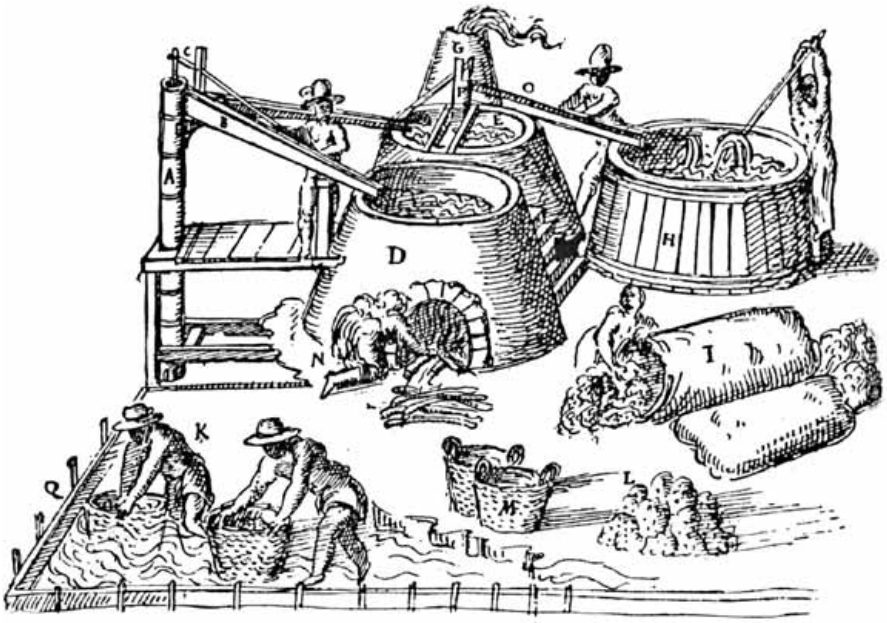
y, en general, de la pertenencia a clases superiores o profesiones doctas. Esto se observa en los retratos de la época, porque tales vestidos, y semejante forma de llevarlos, significan que quien los usa no suda en el cuello ni en las muñecas, símbolo de dignidad.

En su peculiar estilo al escribir, que sigue un discurso asimilable a eslabones de una cadena de pensamiento, después del almidón el autor del tratado aborda el lavado de la lana, aun cuando reconoce que es «una cosa tan fácil que parece casi cosa de afrenta, por ser cosa de tan poco artificio, pues no hay en ninguna parte que no sepan cómo se ha de lavar». No obstante, creyó que en todo proceso podía proponer alguna mejora (fig. 17.15)[35]. Así, en este caso, en vez del sacar el agua a mano (con baldes), de un ríó o arroyo, sugiere ahorrar trabajo usando una bomba manual (A) que la vierta en una caldera grande (D), en la que se calienta, y otra bomba (F) para echar el agua caliente a la cubeta donde se escaldan los paños (H). En K se realiza el lavado final, antes de secar. Del mismo modo, propone que cuando los tintoreros laven los paños tras teñirlos del color deseado, los cuelguen en un caballete en una zatara (armazón de madera, a modo de balsa, para transportes fluviales) que flote en un río. Así, pueden dejar secar los paños, y batir y sacudir todo lo superfluo[36].

Dentro de las técnicas que se podrían denominar «proto-químicas», a modo de antecedentes de la ingeniería de procesos, el agua se utiliza bien para producir una lejía con objeto de refinarla y cristalizarla, bien como disolvente, o simplemente para calentar la materia prima. En su explicación sobre cómo lavar los paños tintados, inserta un procedimiento para obtener —tras disolución y cristalización— alumbre (sulfato doble de alúmina y potasa hidratado). Merced a la alúmina, este producto se usaba en tintorería como mordiente (para fijar los colores, de modo que resistan el sol, la lluvia y los lavados). También se empleaba para curtir pieles (por

[35] *Los Veintiún Libros*, II, pp. 401-402 (fol. 337r-v).

[36] *Los Veintiún Libros*, II, pp. 403-404 (fol. 338r-v).

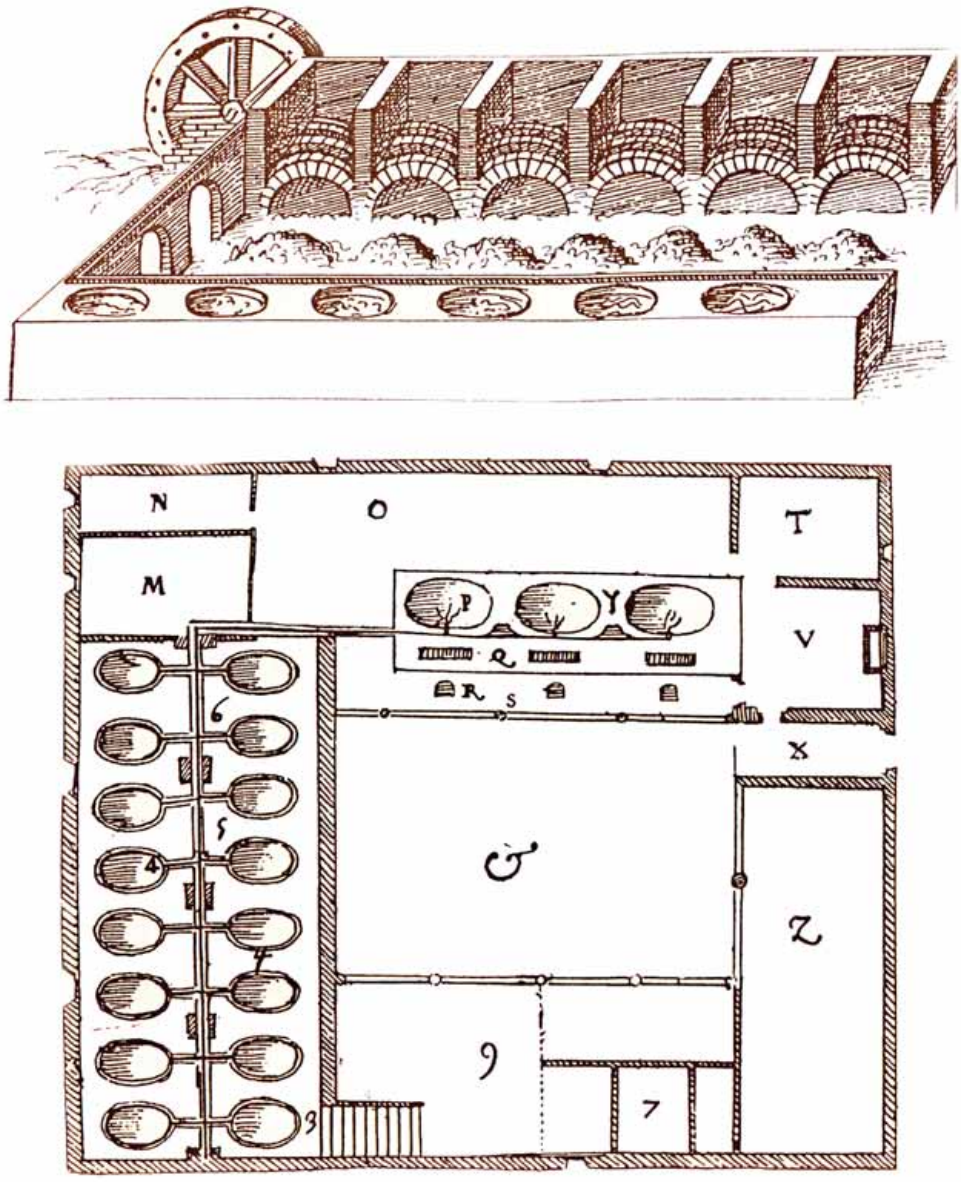


17.15. Lavadero de lanas, *según* Los Veintiún Libros *(Biblioteca Nacional, Madrid), fol. 337v.*

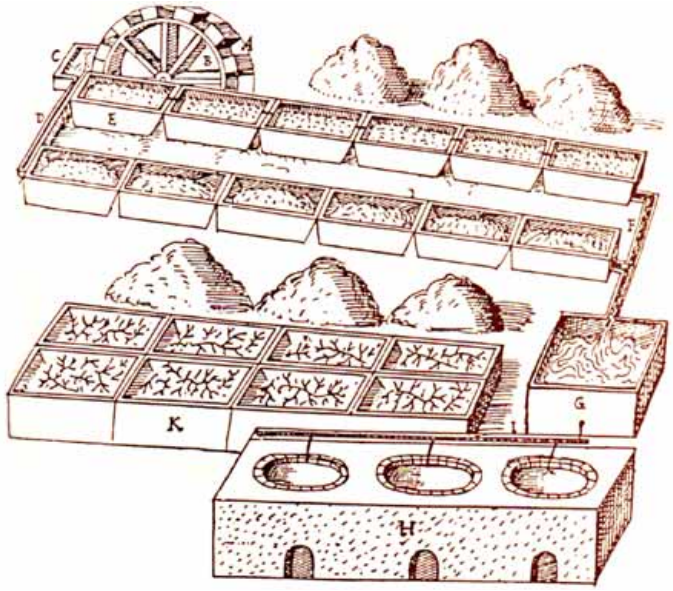
inducir imputrescibilidad) o para aclarar aguas turbias, e incluso en medicina, como astringente o, después de calcinado, como cáustico. El procedimiento de obtención precisa «abundancia de agua» para descomponer la piedra alumbre y disolverla. Posteriormente, el mineral se cuece en «caleras» (como si fuera cal) y se deja orear. Cuando llega a estar húmedo y blando «como una manteca», se le ha de ir «echando agua, cada día dos veces», para que se siga descomponiendo durante seis u ocho días; después, es preciso cocer y recocer el alumbre macerado. En recipientes de madera, se echa el alumbre con el doble de cantidad de agua y se hierve hasta que la mayor parte del agua se evapore; por fin se coloca el alumbre saturado en otros recipientes, donde enfría y cristaliza, tras lo que se saca y se pone «para que enjugue».

Según *Los Veintiún Libros*, hay tres tipos de mina de alumbre. A veces, con la mina «que es de tierra» no es menester tanta cocción porque el mineral «se quema de sí mismo». Otros añaden lejías al agua para reforzar el procedimiento, sea de calcina o de cenizas de madera de varios árboles, encina por ejemplo. Informa sobre minas de tierra, de piedra y de tablachina, «que ni es piedra ni tierra». Al parecer, la mina de piedra fue, probablemente, de alunita (sulfato de aluminio y potasio hidratado). Georgius Agricola (Georg Bauer) y Vannoccio Biringuccio explican también la fabricación de alumbre, describiéndola de manera más detallada, informando sobre más variedades de alumbre que el autor de *Los Veintiún Libros*[37]. Biringuccio habla de una mina de alumbre situada en Mazarrón, en la provincia de Murcia. Esta mina

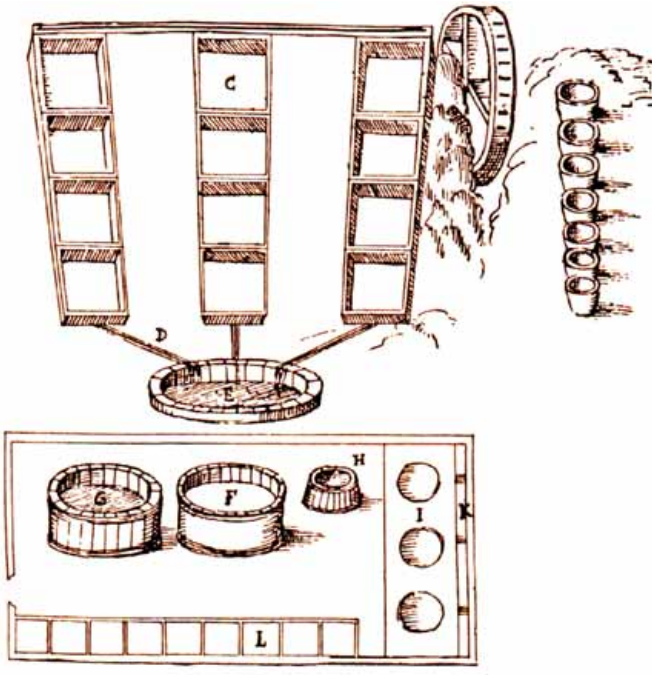
[37] G. Agricola: *De Re Metallica*, 1556, libro xii; V. Biringuccio: *Pirotechnia*, 1540, libro ii, cap. vi.



17.16. Obtención del alumbre, *según* Los Veintiún Libros *(Biblioteca Nacional, Madrid): (1) Perspectiva del proceso, motor y hornos, fol. 339v; (2) Planta de una fábrica, fol. 340r.*
Leyenda: *O es la sala de calderas; P y Q son sus chimeneas; R son los hornos y S un cubierto para la leña; T y V son aposentos, X la entrada y Z las caballerizas (animales para traer la leña); 4 son los cubos de madera donde se vierte «el agua cocida de la alum, para que se congele»; 5-6 son los canales de alimentación; 9 es el «soleador para enjugar la alum».*



17.17. Obtención de caparrosa o vitriolo, *según* Los Veintiún Libros *(Biblioteca Nacional, Madrid), fol. 341r.*



17.18. Obtención de salitre, *según* Los Veintiún Libros *(Biblioteca Nacional, Madrid), fol. 342r.*
Leyenda: *C: Cajas o artesas; E y F: Depósitos de lejía; I: Calderas; H: Depósito para desespumar las calderas; L: «Congeladores»; G: Depósito para las lejías residuales de L.*

se descubrió en el siglo XV (en 1462), pero a veces estuvo postergada por la de Tolfa, cerca de Roma, en territorio pontificio; a finales del XVI se hallaba ya en decadencia. De lo más interesante de este libro son los dibujos que muestran «oficinas» de elaboración de este mineral en plano y en perspectiva (sin techo). Al parecer son de los primeros planos de edificios industriales en un tratado que se conocen en Europa, lo que no quita que en otros textos haya esquemas de plantas aisladas. Se dibujan los vasos y calderas en sus hornos, así como los montones de alumbre antes de su fabricación (fig. 17.16).

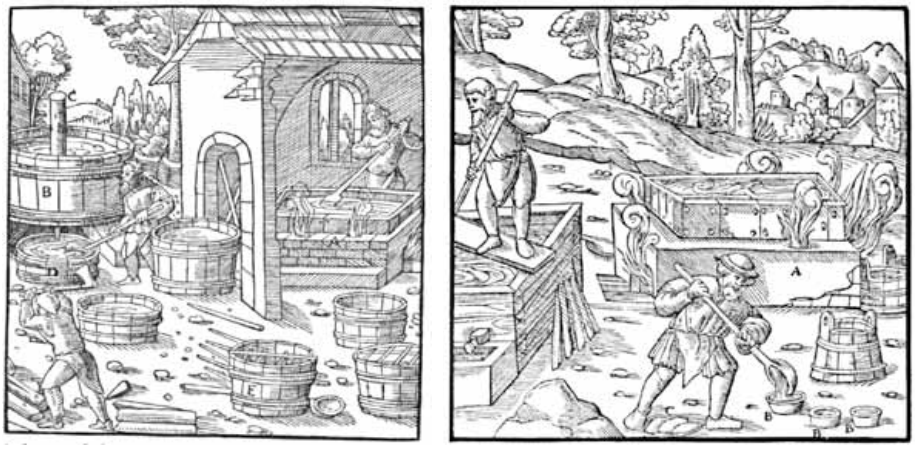
Calificado como «casi de una misma manera de la alumbre», se aborda también la obtención del «vidriol» o vitriolo (o caparrosa, aquí sulfato hidratado de cobre —vitriolo azul o de Chipre—, o de hierro —vitriolo verde o sulfato terroso—) (fig. 17.17)[38]. Empleado en tintorería y para fabricar tinta, se utilizaba sobre todo para hacer betún, con el que teñir botas y zapatos dándoles un lustre negro, industria importante en la España del siglo XVI. En este caso, se dejan los molones de la ganga para que se oreen y humedezcan de cuatro a seis meses y una o dos veces el mes, «la revuelven». De este modo su color se vuelve mas pálido. Entonces el mineral se pone en cajas (E) llenas de agua con una lejía; se agita y nuevamente se deja macerar la mezcla; cuando está saturada, se le hace fluir a través de un canal (F) a un depósito-decantador (G) desde el que se alimentan las calderas (H). Finalmente, se envía a unos recipientes (K) donde se ponen unas ramas verdes, que ayudan en el proceso de lixiviación, cristalizando el vitriolo «en pedacillos como el hielo». Presentado en panes, se vendían con el nombre de «tierra de Sevilla».

Por último se describe el proceso de refino del salitre (nitrato potásico, fig. 17.18), componente importante para fabricar pólvora. No es muy diferente de los anteriores: hay que macerar el mineral crudo en lejía, calentarlo y, después, ponerlo a secar. Si no se disponía de salitre, lo obtenían colocando, en tinajas de barro o cajas de madera, tierra raída de paredes «donde hay inmundicias de personas y aun de animales, como es donde están puercos», e incluso «de la tierra de las basuras que sacan de las casas». Esta tierra contiene nitrato cálcico, que produce nitrato potásico mediante descomposición orgánica[39].

Aunque las descripciones de Agrícola y Biringuccio sean más detalladas, los grabados que ilustran el texto del primero son más asimilables al dibujo de paisaje que al técnico, pues en ellos se presentan todos los procedimientos a un mismo tiempo, casi sin perspectiva temporal (como puede comprobarse, por ejemplo, comparando las figs. 17.17 y 17.18 con la fig. 17.19); las de *De re metallica* son ilustraciones pintorescas, pero no muestran cómo es en realidad el taller, ni permiten formarse claramente una idea sobre el procedimiento de operación.

[38] *Los Veintiún Libros*, II, pp. 407-409 (fols. 340v-342v).

[39] *Los Veintiún Libros*, II, p. 410 (fol. 343r-v). Para las aclaraciones sobre los procesos químicos véanse, principalmente, las notas de los HOOVER (*op. cit.,* 1950; pp. 561-562, 564-570, 572-573).



17.19. Fabricación de vitriolo y de salitre, *según G. Agricola,* De Re Metallica*, lib. XIII.*

Bibliografía

a) *Fuentes*

Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas de Juanelo, Biblioteca Nacional, mss. 3372 a 3376 (ed. facsimil Doce Calles y Fundación Juanelo Turriano, Aranjuez, 1996).

Vida y técnica en el Renacimiento. Manuscrito de Francisco Lobato, vecino de Medina del Campo (ed. J. A. García-Diego y N. García Tapia, Universidad de Valladolid, 1987).

Agricola, Georgius: *De Re Metallica,* Basilea, 1556; traducción al inglés y edición de H. C y L. H. Hoover (Dover edn., Nueva York, 1950).

Besson, Jacques: *Instrumentorum et Machinarum Liber Primus,* h. 1570-1571.

Biringuccio, Vannoccio: *De la Pirotechnia*, Venecia, 1540 (traducción al inglés, C. S. Smith y M. T. Gnudi, Dover Publ., Nueva York, 1942, 1959).

Ramelli, Agostino: *Le Diverse et Artificiose Machine*, París, 1588.

Verantius, Faustus: *Machinae Novae,* Venecia, 1595.

Vitruvio Pollion, Marco: *De Architectura Libri Decem*.

Zonca, Vittorio: *Novo Teatro di Machine et Edificii*, Padua, 1607 (ed. facsímil por Carlo Poni, Il Polifilo, Milán, 1987).

b) *Estudios*

Blázquez Herrero, C., y S. Pallaruelo Campo: *Maestros del Agua*, Diputación General de Aragón, Zaragoza, 1999.

Breto Asensio, S.: *Recorridos por la Historia de las Energías Renovables en Aragón*, Diputación General de Aragón, Zaragoza, 2000.

Brock, W. H.: *The Chemical Tree*, Nueva York, 2000 (formerly, the *Norton History of Chemistry,* Nueva York y Londres 1992).

Caro Baroja, J.: *Tecnología popular española,* Editora Nacional, Madrid, 1983.

DANIELS, J. C.: «The Origins of the Sugarcane Roller Mill», *Technology and Culture* (XXIX), pp. 493-535, 1988.

FERNÁNDEZ LAVANDERA, E., y C. M. FERNÁNDEZ RODRÍGUEZ: *Los molinos. Patrimonio Industrial y Cultural,* Grupo Editorial Universitario, Málaga, 1998.

GARCÍA-DIEGO, J. A.: Prólogo y Reflexiones sobre *Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas* (en la edición facsímil supradicha de *Los Veintiún Libros*).

GARCÍA TAPIA, N.: *Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas de Juanelo, atribuidos a Pedro Juan de Lastanosa,* Diputación General de Aragón, Zaragoza, 1997.

— *Ingeniería y Arquitectura en el Renacimiento Español*, Universidad de Valladolid, 1990.

— *Técnica y poder en Castilla durante los siglos XVI y XVII*, Junta de Castilla y León, Salamanca, 1989.

GONZÁLEZ TASCÓN, I.: *Fábricas hidráulicas españolas*, Ministerio de Obras Públicas y Transportes, CEHOPU, Madrid, 1992.

— «Ingenios y Máquinas para la Industria», en *Felipe II. Los Ingenios y las Máquinas: Ingeniería y Obras Públicas en la época de Felipe II* (Catálogo de la exposición), pp. 241-260; 276-293; 298-309, Madrid, 1998.

HELLER, H.: *Labour, Science and Technology in France 1500-1620,* Cambridge, 1996.

ÍÑIGUEZ ALMECH, F.: *Las trazas del Monasterio de San Lorenzo de El Escorial*, Madrid, 1965.

KELLER, A. G.: «Northern and Southern Horizontal Watermills», en *Energie in der Geschichte-Energy in History*, XI Symposium ICOHTEC, Düsseldorf, 1984.

MATEOS ROYO, J. A.: «Política municipal y desarrollo tecnológico en el Aragón del siglo XVI: el molino nuevo de Daroca», *Llull* (21), pp. 701-724, 1998.

MUMFORD, L.: *Technics and Civilization,* London, 1934. (*Técnica y Civilización*, Alianza Ed., Madrid, 1971.)

PALLARUELO CAMPO, S.: *Los molinos del Altoaragón,* Instituto de Estudios Altoaragoneses, Huesca, 1994.

PARSONS, W. B.: *Engineers and Engineering in the Renaissance*, The MIT Press Cambridge, Mass. 1968 (primera edición, 1939).

RETI, L.: «A Postscript to the Filarete Discussion; on Horizontal Water-wheels and Smelter Blowers in the Writings of Leonardo da Vinci and Juanelo Turriano», *Technology and Culture* (VI), pp. 418-431, 1969.

— «On the Efficiency of Early Horizontal Waterwheels», *Technology and Culture* (VIII), pp. 388-394, 1967.

SILVA, M., y M. S. MENJÓN: *Ingenios, Máquinas y Navegación en el Renacimiento*, Colección CAI-100, n.º 98, Caja Inmaculada, Zaragoza, 2001

WULFF, H.: «A Postscript to Reti's Notes on Juanelo Turriano's Water Mills», *Technology and Culture* (VII), pp. 398-401, 1966.

18
Privilegios de invención

Nicolás García Tapia
Universidad de Valladolid

Uno de los factores más influyentes en el desarrollo de la tecnología es la capacidad de los inventores para crear nuevos utensilios y máquinas para mejorar el proceso de fabricación de objetos técnicos. Desde el Renacimiento, se ha reconocido a los inventores la propiedad intelectual y el derecho en exclusiva para explotar las mejoras técnicas en la industria, lo que fue el origen de las actuales patentes. Los reyes de la monarquía hispánica concedían privilegios de invención desde 1478, algunos de ellos de una sorprendente anticipación e interés para la historia de la tecnología.

I
Inventar y descubrir

La invención supone un acto de creación mental distinto del descubrimiento. Por este último se da a conocer algo que ya existía, pero que permanecía oculto; por ejemplo, ciertas leyes de la Naturaleza, una nueva especie de plantas o un nuevo continente. Por la invención se crea algo que no existía previamente, lo que requiere un mayor esfuerzo de imaginación. Además, en la invención técnica, a diferencia del descubrimiento científico que no tiene por qué tener una aplicación inmediata, es preciso que el objeto inventado sea útil y práctico. El descubrimiento satisface la curiosidad humana y la invención cubre una determinada necesidad. Todas estas condiciones confieren a la invención unas características que se diferencian netamente del hecho de descubrir, y al inventor una personalidad distinta del descubridor. Sin embargo, invención y descubrimiento tienen en común el ser actos creativos y que amplían las perspectivas humanas. Ambas actividades se necesitan y se complementan mutuamente.

La invención y el descubrimiento han recibido diferentes grados de aprecio en la historia, según la época y las circunstancias en que se produjeron. Uno de los periodos históricos más pujantes, tanto en invenciones como en descubrimientos, fue el Renacimiento.

En un libro sobre los nuevos descubrimientos de la Humanidad escrito en 1580, Johannes Stradanus celebra los nueve grandes descubrimientos e invenciones que según él habían caracterizado la época del Renacimiento. Estos eran, en primer lugar, el descubrimiento de América; después venían la brújula, la pólvora, la imprenta, el reloj, el guaiaco, utilizado para curar la sífilis, la destilación, la seda y, finalmente, las espuelas que permitían el combate a caballo.

Aunque nuestra percepción de la historia haya cambiado desde entonces y se podría hacer en la actualidad alguna variación en el orden de importancia de los hechos o introducir alguna invención realizada entonces y que hoy valoramos su interés, se puede estar básicamente de acuerdo con esta visión de Stradanus, que también era la de un buen número de humanistas del Renacimiento. Resaltaremos la importancia que se da al descubrimiento de América, colocado en primer lugar, y el indiscutible valor de invenciones como la brújula y la pólvora, colocadas incluso antes que la imprenta. Señalaremos además el origen oriental, chino más concretamente, de estas invenciones, algunas de las cuales ya se conocían en la Edad Media, lo que sitúa a la invención y al descubrimiento en un marco universal.

II

La técnica española en el Renacimiento

El Renacimiento representó para España una brillante etapa cultural, siguiendo las pautas de lo que había acontecido en Italia durante el siglo XV. En los terrenos literario y artístico, la renovación humanista que siguió al redescubrimiento de las obras de la Antigüedad clásica produjo una esplendorosa eclosión de artistas que plasmaron su pensamiento estético en obras que hoy admiramos.

En el terreno científico, el descubrimiento de América supuso la ampliación del horizonte natural y la necesidad de estudios cosmográficos acordes con las nuevas dimensiones de lo conocido. La ciencia de los instrumentos y de la navegación se vio, en consecuencia, sensiblemente mejorada. Aquí los descubrimientos y la invención encontraron un punto de unión. Los ingenieros aprendieron de los cosmógrafos y estos necesitaron de los técnicos[1].

El mantenimiento del amplio imperio formado a raíz de la unión de los reinos españoles en una sola corona y del descubrimiento de un nuevo mundo, necesitó del concurso de la ciencia de los ingenieros. Era preciso abrir rutas por mar, por tierra y hacer navegables los ríos. Construir acueductos, canales de navegación y riego para fertilizar las nuevas tierras cultivables.

[1] N. García Tapia: «Ingeniería y Cosmografía en el Siglo de Oro español», en *Congreso Internacional sobre la Ciencia y el Descubrimiento de América*, Madrid, 1991. Publicado con el título «Los ingenieros y la cosmografía en España en los siglos XVI y XVII», en *Mundialización de la ciencia y cultura nacional*, A. Lafuente, A. Elena y M. L. Ortega (eds.), Aranjuez (Madrid), 1993, pp. 97-103.

En las nuevas ciudades, o en aquellas que habían crecido como consecuencia del comercio y de las mayores actividades industriales, era preciso desarrollar abastecimientos de aguas y saneamientos urbanos. Para ello se instalaron nuevas redes de tuberías, canales y acueductos, así como presas donde embalsar el agua. Y es que la industria surgida en la Edad Media también se había ampliado: molinos, batanes, telares, ferrerías, etc., emergían para atender una creciente demanda.

El protagonista de esta eclosión técnica fue el ingeniero, cuya función en el Renacimiento empezaba a ser definida, aunque a veces bajo el epígrafe de «arquitecto» o de «maestro de obras», con los que a menudo se confundía. En efecto, lo que hoy entendemos por ingeniería era ejecutado generalmente en el Renacimiento por arquitectos y maestros de obras. A estos se les valoran actualmente sus obras de arquitectura en catedrales, iglesias y palacios, pero menos sus obras de ingeniería. Así, al famoso Juan de Herrera se le conoce más por ser arquitecto del monasterio de El Escorial (que, por cierto, también es una gran obra de ingeniería) que por haber resuelto el problema de abastecimiento de agua a ciudades como Valladolid o por haber inventado máquinas para cortar el hierro, por ejemplo[2].

En consecuencia, se necesitaban hombres que atendiesen esta demanda tecnológica, y los municipios, la Iglesia o los grandes señores contrataron sus servicios. Pero fueron sobre todo los grandes monarcas de los nuevos reinos surgidos de las luchas territoriales medievales, los que en mayor medida demandaron en sus cortes la presencia de estos ingenieros. Como no podía ser menos, fueron los monarcas más poderosos de la tierra, los de los reinos hispánicos de la casa de Austria, los que más ingenieros ocuparon. En el Renacimiento, los más apreciados eran los italianos, y estos son los que llegaron en mayor número a España. El caso de Juanelo Turriano, que es el más conocido, no fue el único. Una abundante nómina de ingenieros se puede rastrear en las cuentas de pago de los archivos: Calvi, Tercio, Sitoni, Paccioto, Leoni, Spanocchi, Locadello, Fratin, Antonelli, por solo citar unos pocos, actuaron con mayor o menor fortuna en campos diversos de la ingeniería en España, generosamente pagados por los monarcas españoles.

Si el número de los ingenieros extranjeros fue abundante, el de los españoles no estuvo a la zaga, sobre todo después de la segunda mitad del siglo XVI en que se incorporaron al servicio de la corona los que habían tenido su aprendizaje en Italia, añadidos de otros que formaron una escuela española. Podemos citar los nombres de Girava, Lastanosa, Esquivel, Morales, Rojas, Montalbán, Lobato y Ayanz, entre otros muchos hasta ahora casi desconocidos, pero que merecerían ser recordados entre las grandes personalidades de la historia española, desgraciadamente más atenta hacia los hombres de la política y de la guerra que a los genios de la ciencia y de la técnica.

[2] Ídem, *Ingeniería y Arquitectura en el Renacimiento Español*, Universidad de Valladolid, 1990, pp. 319-365.

Las obras de estos hombres se plasmaron en escritos de diversa índole, entre los que no faltaron los dedicados a las máquinas y a la ingeniería. Solo citaremos uno que se había atribuido hasta ahora a Juanelo Turriano: *Los veintiún libros de los ingenios y máquinas*, que podemos atribuir, según hemos deducido a través de una abundante documentación, al ingeniero aragonés Pedro Juan de Lastanosa[3]. El original fue escrito entre 1564 y 1575 y de él se sacaron varias copias, la más completa conocida es la de la Biblioteca Nacional de Madrid[4]. Aunque hay pocos libros impresos del Renacimiento que traten exclusivamente de la técnica, los textos de arquitectura solían dedicar algunos capítulos a las máquinas y a las obras de ingeniería, porque no había una frontera nítida entre la arquitectura y la tecnología.

Los ingenieros prácticos plasmaron las ideas de los libros en obras útiles y, a la inversa, las invenciones se reflejaron en los textos: nuevos tipos de molinos, ferrerías, batanes, telares, bombas de elevación de agua, canales, presas, acueductos, puentes y otras obras de ingeniería causaron la admiración en su época. Todo ello fue el caldo de cultivo que propició la imaginación de los inventores.

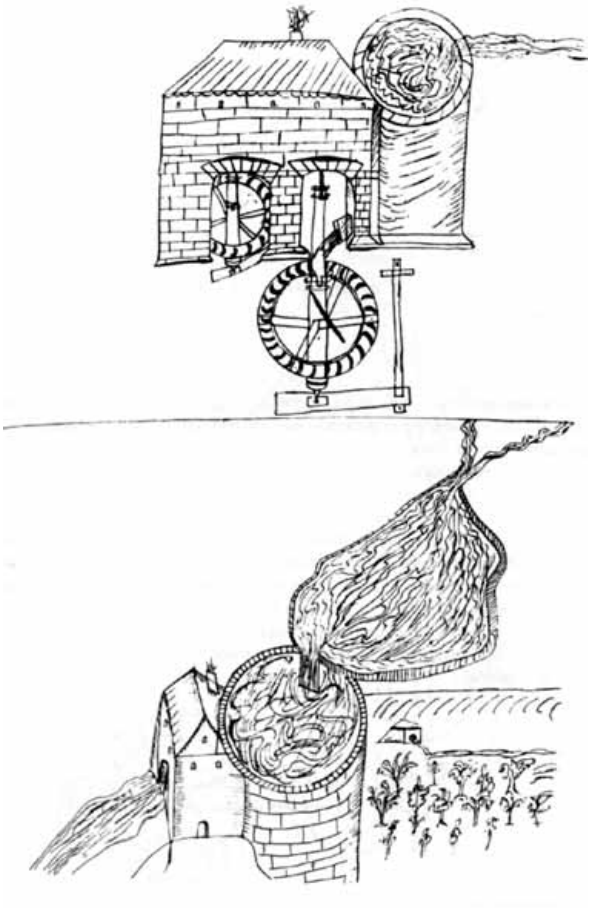
III

Origen de las patentes

Las sociedades occidentales han creado, a partir del Renacimiento, una serie de incentivos para desarrollar la tecnología, bien sea a través de instituciones para fomentar la investigación, por medio de recompensas a los que conseguían inventar un instrumento útil para la comunidad, o promulgando leyes para defender a los inventores. Esta última opción ha sido la más eficaz para estimular la invención, independientemente de la institución de premios destinados a promover, en unas circunstancias concretas, la resolución de un problema que acuciaba a la nación. Tal fue, por ejemplo, el caso de la medida de la longitud para conocer la posición de un navío en alta mar, que fue objeto de un concurso promovido por Felipe III, al que se

[3] Ídem, *Los veintiún libros de los ingenios y máquinas de Juanelo, atribuidos a Pedro Juan de Lastanosa*. Zaragoza, 1997. Aunque hay algunos que niegan tajantemente la autoría de Lastanosa, no solo no hay ninguna prueba, sino que todos los documentos que hemos examinado parecen indicar que Lastanosa fue quien escribió el original. Tampoco se ha encontrado ningún autor alternativo, a pesar de saberse que era aragonés de una época muy concreta y de haberse realizado una búsqueda profunda del mismo por varios investigadores. Como es difícil pensar que alguien que escribió una obra tan completa no haya dejado ningún otro rastro, mantendremos la atribución a favor de Pedro Juan de Lastanosa, puesto que es el único que del que existen pruebas sobre la autoría.

[4] Recientemente se ha estudiado una posible copia parcial de *Los veintiún libros*... titulada *Trattato dell'acque*, en la Biblioteca Nacional de Florencia. Véase Manuel Silva y M.ª Sancho Menjón: *Ingenios, máquinas y navegación en el Renacimiento*. Zaragoza, 2001. A nuestro parecer, este «tratado» puede ser una de las copias que se hicieron del original para uso de los especialistas de la Corte, como habíamos anunciado en nuestro trabajo anteriormente citado.



18.1. Molinos hidráulicos del siglo XVI, *con eje vertical, cubo y saetino (el inferior, también con balsa), según el manuscrito de Francisco Lobato (fol. 16).*

presentaron grandes inventores y científicos, incluido el propio Galileo. Por otra parte, las academias e instituciones similares tenían una finalidad más científica y de estímulo para sus miembros[5].

La idea de que el medio más eficaz para proteger a los inventores es el derecho exclusivo de explotar su invento, es un concepto de la cultura occidental renacentista. Anteriormente este monopolio se otorgaba para la repoblación y cultivo de un nuevo territorio, la explotación de una mina o el disfrute de los derechos de control de venta de un determinado producto. Esto se hacía mediante cédulas de privilegio expedidas por la corona. La ampliación de los beneficios a los inventores produjo lo que ahora consideramos como patentes.

[5] I. Vicente Maroto y M. Esteban Piñeiro: *Aspectos de la ciencia aplicada en la España del Siglo de Oro*, Valladolid, 1991.

La primera patente conocida fue otorgada en la República de Florencia en 1421. En 1474 Venecia promulgó la primera ley general protegiendo a los inventores[6]. Desde entonces, el uso de patentes de invención se difundió a toda Europa, siendo las principales monarquías occidentales, Inglaterra, Francia y España, las que más usaron de este sistema.

En un principio, las patentes o privilegios por invención se concedían por el rey, asesorado por un Consejo Real en el que intervenían personas relevantes de la Corte que tuviesen cargos de carácter científico o técnico para poder opinar sobre la invención. Las patentes se otorgaban generalmente en función de intereses de la monarquía y con el criterio de una minoría influyente y restrictiva. Esto fue así a lo largo de los siglos XVI y XVII y durante la época del despotismo ilustrado del siglo XVIII. Las nuevas ideas enciclopedistas en Francia y el pragmatismo burgués en Inglaterra hicieron cambiar las cosas, pasando el poder de refrendar las patentes del rey a las Oficinas de Patentes.

Se dispone de estadísticas de invenciones de algunos países, referidas a las primeras patentes. Robert K. Merton[7] ha estudiado, desde el punto de vista económico, las invenciones inglesas de mediados del siglo XVI. Las conclusiones que se deducen del estudio de las patentes españolas en el mismo periodo muestran que estas tienen un nivel similar e incluso superior a las inglesas. Mostraremos esto con más detalle.

IV

Privilegios de invención en España

Poco después de la aparición las primeras patentes italianas comenzaron a otorgarse también en Castilla privilegios de invención que amparaban al beneficiario en un marco territorial mucho más amplio que el limitado de las ciudades italianas.

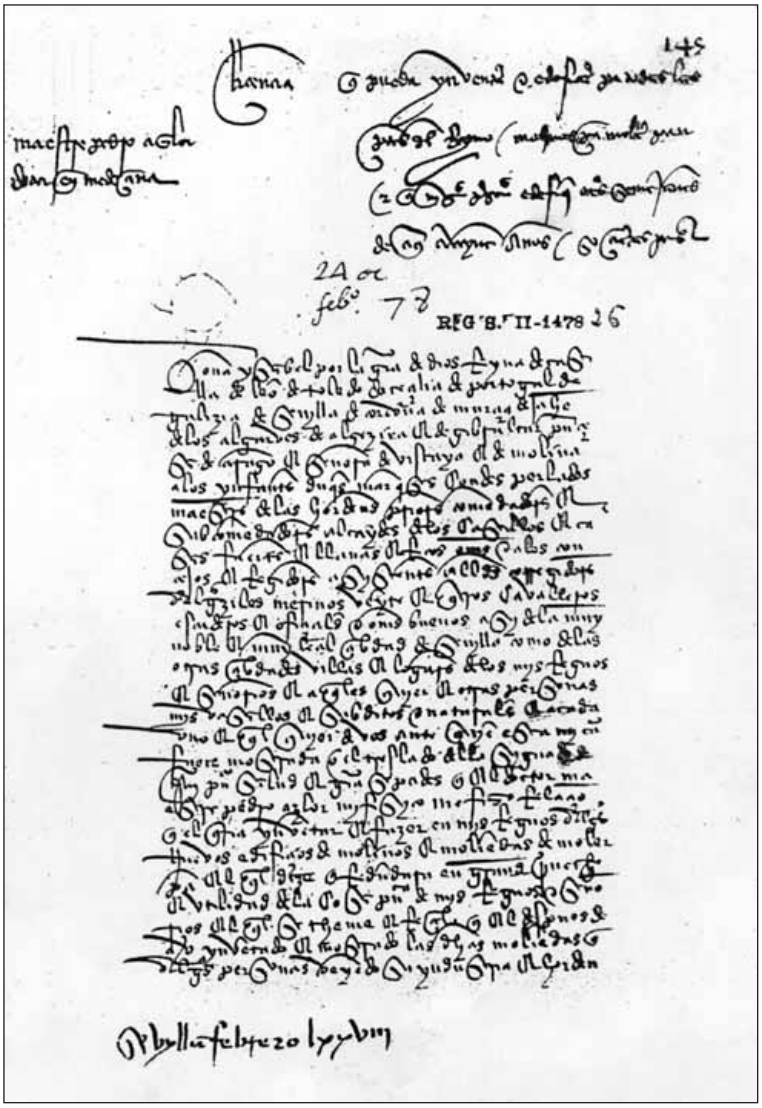
Solo cuatro años después de la primera ley general de privilegios por invención concedida en la ciudad de Venecia, a la que antes aludíamos, la reina Isabel la Católica firmó en Sevilla, el 24 de febrero de 1478, una patente de invención[8] que es la primera que conocemos en España y una de las primeras del mundo. Está destinada al médico de la reina Pedro Azlor y contiene las cláusulas que serán en lo sucesivo características de las patentes modernas: los motivos de la concesión de privilegio, el tiempo por el que se conceden y las penas a los que contravengan la invención.

---

6 J. B. Rae: «El invento de la invención», en *Historia de la tecnología*, M. Kranzberg y C. W. Pursell (eds.), Barcelona, 1981, vol. II, cap. 19.

7 B. K. Merton: *Ciencia, tecnología y sociedad en la Inglaterra del siglo XVII*, Madrid, 1984, p. 69.

8 N. García Tapia: «Pedro Azlor, médico de Isabel la Católica, y su patente de invención», *Asclepio*, vol. XLIX, fasc. 1, 1997, pp. 161-169.



18.2. Página inicial del privilegio por invención de un sistema de molienda, *concedido por Isabel* la Católica *a Pedro Azlor en 1478. Es el primero de este tipo conocido en España y uno de los primeros del mundo. Transcribimos la parte del documento en que se basa la concesión del privilegio:*

«Sepades que el doctor maestre Pedro Azlor, my fysico, me fizo relaçión que el queria ynventar y fazer en mis Reynos y Señorios nuevos edificios de molinos e moliendas de moler pan, el qual dize que redundara en grand prouecho e utilidad de la cosa publica de mys reynos e señoríos, e que el se theme e reçela que el, despues de aver ynventado e mostrado las dichas moliendas, que algunas personas veyendo su yndustria e horden que el en ello tiene, quieran fazer en ello otro tanto de la forma que el lo había fecho, siendo el primero que en estos mys reynos lo aya traydo e creado [...]». (Archivo General de Simancas).

En los primeros privilegios, sin embargo, todavía no se explicaba con detalle en qué consistía la invención, seguramente ante la falta de confianza en el sistema. En la patente de Pedro Azlor solo sabemos que se trataba de un nuevo sistema de molienda aplicable a todo tipo de artificios movidos a mano, por animales, por el agua o por el viento. Para los que se aprovechasen de la invención sin permiso del autor, se imponía una sanción de 50.000 maravedís: 20.000 para el inventor y 30.000 para la Cámara Real, aparte de la destrucción de los aparatos que hubieran sido copiados por otras personas. La validez del privilegio en exclusiva era de 20 años, a partir de los cuales el invento pasaba a dominio público.

La cuantía de las multas y el tiempo de explotación en exclusiva variaron en los privilegios que se concedieron después. La fórmula jurídica de lo que iban a constituir en los siglos siguientes los privilegios de invención, hasta la institución en España del actual sistema de patentes en el siglo XIX, estaba ya establecida en el siglo XV bajo el reinado de los Reyes Católicos.

La petición la formulaba el inventor al rey, debiendo presentar la máquina que se deseaba patentar, o al menos una maqueta o modelo de la misma. Todo esto era examinado por el Consejo Real o la Cámara del Reino, que a su vez podía solicitar un informe elaborado por expertos en la materia. Los inventos destinados a América se tramitaban a través del Consejo de Indias.

En la época del reinado de Felipe II era frecuente que el propio rey expusiera su parecer al margen del documento, pues el monarca era muy aficionado a la tecnología y además examinó algunas invenciones con una extrema meticulosidad. Si el dictamen de los científicos (o del propio rey) era favorable, el monarca otorgaba el privilegio y lo garantizaba con su firma. Se expedían tres copias: un ejemplar era para el inventor, otro para la administración y el tercero se archivaba. Gracias a esta circunstancia hemos podido analizar más de doscientos documentos que contienen invenciones, algunas de las cuales cambian la visión que se tiene aún del estado de la tecnología española en los siglos XVI y XVII[9].

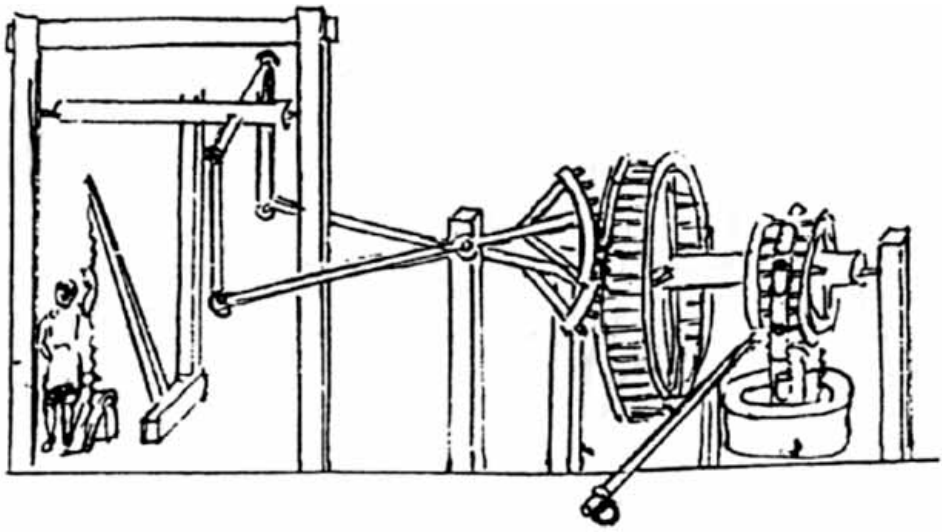
V

Tipología de las invenciones

En el periodo que estamos estudiando, desde 1478 hasta principios del siglo XVII, existe una considerable dispersión de las características de los privilegios de invención, lo que dificulta su clasificación.

Teniendo en cuenta el número de invenciones, se sitúan en primer lugar las dedicadas a la minería, un total de 61, de las que 54 obtuvieron el correspondiente privilegio real; entre ellas se encuentran procedimientos metalúrgicos para la obtención de ciertos metales, las técnicas de extracción, las de desagüe y las manipulacio-

9 Ídem, *Patentes de invención españolas en el Siglo de Oro*, Madrid, 1990.



18.3. Máquina de vaivén de Jerónimo de Ayanz, *con su balanza para determinar el rendimiento (Archivo General de Simancas).*

nes del mineral: trituración, clasificación, lavado... Es preciso decir que muchas de estas invenciones mineras se aplicaron en la América española.

En segundo lugar aparecen las invenciones destinadas a la molinería (45 invenciones, 33 de ellas con privilegio concedido), entre las que se encuentran numerosos tipos de estas máquinas. No es de extrañar esta elevada cifra, teniendo en cuenta que los molinos eran muy numerosos en el siglo XVI y tenían una gran importancia para la confección de productos industriales y alimentarios. Se incluyen en este apartado los batanes, ferrerías, almazaras, fabricación de pólvora, de papel y de otros productos obtenidos utilizando la energía hidráulica.

En el apartado de maquinaria se incluye una variada gama de invenciones de ingenios y mecanismos para facilitar el trabajo manual. También son muy representativas las patentes destinadas a mejorar los sistemas existentes de elevación de agua.

La importancia de la técnica náutica y de los instrumentos para navegar tuvo su reflejo en el número de invenciones que se dedicaron en España a este apartado. Se encuentran entre estas los nuevos diseños de barcos y de bombas de achique, que examinaremos después. En contraste, resultaron estériles los intentos para realizar barcos movidos por ruedas de paletas. La realización de equipos de buceo que resolviesen el problema de la permanencia bajo el agua tentó a muchos inventores, pero solo Jerónimo de Ayanz logró en esta época una solución eficaz, como veremos.

La aprobación invenciones en el campo militar seguía otra vía distinta; el secreto con que se llevaban estos asuntos en el Consejo de Guerra hace difícil averiguar cuántas se llevaron realmente a cabo. Sí sabemos, en cambio, que fueron rechazados varios ingenios relacionados con la artillería, porque se trataba de pura fantasía.

El secreto en que se mantenían estas máquinas de guerra impidió que se concediesen más privilegios de invención en este apartado, por el riesgo de que fuesen espiados por el enemigo.

Hemos contabilizado nueve propuestas en los campos de aparatos para la destilación y otros procesos alquímicos. Los instrumentos destilatorios aprobados estaban casi todos ellos destinados a obtener agua destilada, potabilizar el agua del mar o para producir medicamentos curativos. Fueron, en cambio, drásticamente rechazados aquellos alquimistas que pretendían alcanzar cosas imposibles, como convertir el plomo en oro. La razón de esto estriba en que para obtener un privilegio de invención se exigía previamente la prueba de su funcionamiento, lo que, obviamente, no pudo hacerse en ninguno de los casos de estas pretensiones engañosas.

Hay varias invenciones no clasificables en ninguno de los apartados anteriores: sistemas que mejoraban la iluminación de los candiles, velas de cera de altura inusitada que tardaban mucho tiempo en consumirse, procedimientos para combatir las plagas, métodos para que los correos no pudieran ser interceptados, mecanismos de movimiento perpetuo... Pocas de estas invenciones llegaron a ser patentadas, pero la prueba más importante del rigor con que se expedían los privilegios es que ninguno que fuese imposible de realizar fue concedido, y esto a pesar de los muchos falsos inventores que en esta época intentaron engañar con sus fantásticos artilugios a los desconfiados consejeros y científicos reales[10].

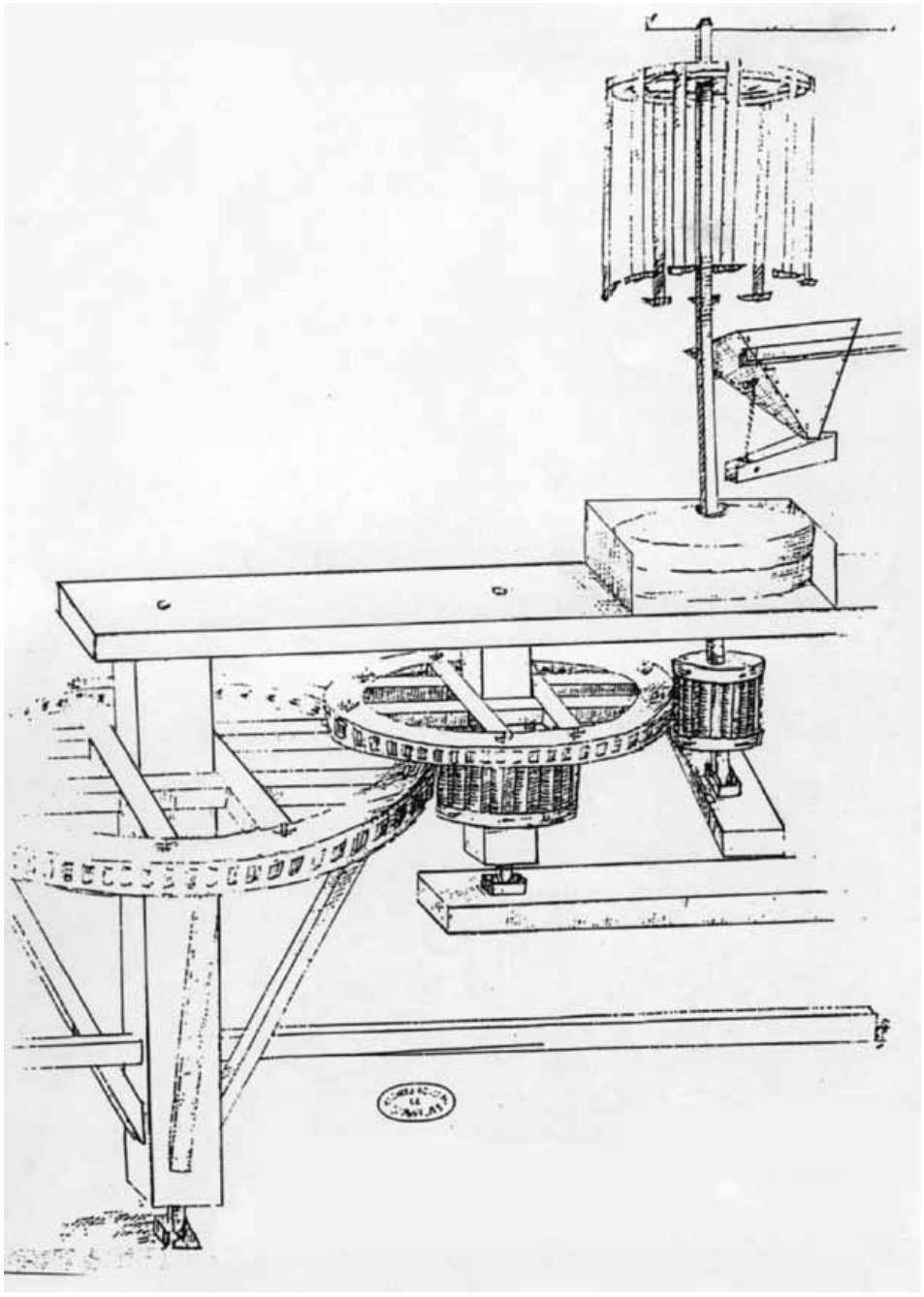
VI

Origen social de los inventores

La procedencia de los inventores es muy variada: en unos casos se trata de nobles de alta cuna, como Álvaro de Bazán y Jerónimo de Ayanz, cuyo rango social no les impidió destinar sus esfuerzos a invenciones «mecánicas», que constituyen la excepción a la imagen de la nobleza ociosa que desprecia la tecnología. En algunos casos se trata de hidalgos, como Blasco de Garay, que intentaban superar su condición de pobreza a través de la obtención de premios y beneficios por la explotación de sus inventos.

Los inventores ocasionales, que tienen una ocupación diferente, constituyen una categoría aparte cuyas motivaciones para inventar son de índole diversa. El caso de los militares inventores es frecuente dentro de los artilugios de guerra o navales, aunque en algún caso su experiencia les sirvió para realizar máquinas para la vida cotidiana, como el caso del general Zubiaurre y su bomba para elevar el agua. Caso

[10] Ídem, «Los orígenes de las patentes de invención», en *Historia de la tecnología en España*, F. J. Ayala Carcedo (dir.), pp. 89-97.



18.4. Sistema inercial aplicable a molinos, *consistente en unos mazos que se levantan al girar las muelas de un molino, regulando por el efecto de la fuerza centrífuga la velocidad de las mismas. Figura en el privilegio de invención obtenido en 1580 por un siciliano naturalizado en España con el nombre de José Bono (Archivo General de Simancas).*

aparte es el de los clérigos regulares y seglares, más numerosos de lo que cabría esperar en personajes dedicados a la religión. Pero, curiosamente, en esta misma dedicación encontraron a veces motivos para inventar máquinas que podían «matar a los enemigos de la fe». El altruista fin de ayudar al género humano en los trabajos penosos está en el otro punto de mira de estos religiosos-inventores.

Los ingenieros, como es natural, forman un grupo numeroso de inventores, lo que se justifica en la mejora de la propia práctica profesional. Hay también especialistas y artesanos que se dedicaron a crear nuevos instrumentos que facilitasen su oficio, aunque no en todos los casos estuvieron dispuestos a arriesgarse a darlos en conocer a posibles competidores.

Finalmente, existe un numeroso grupo de inventores de los que no conocemos su origen ni su oficio. En general, toda persona ingeniosa podía aspirar a recibir un privilegio de invención si demostraba que su máquina funcionaba. Hay incluso inventores que no sabían firmar[11]. El examen de las patentes conservadas en este periodo demuestra que el demandante de privilegios de invención no estaba sujeto a un perfil rígido, sino que su actuación como tal obedecía a múltiples circunstancias y el resultado era producto no solo de su ingenio sino, sobre todo, de su propio esfuerzo: «Un diez por ciento de inspiración y un noventa por ciento de transpiración», citando la frase de Edison, que puede aplicarse muy bien a esta época del siglo XVI español. Veamos algunos ejemplos.

VII

Invenciones en la técnica naval

En las invenciones referidas al campo de la navegación podemos distinguir las del arte de navegar, como las cartas náuticas e instrumentos de navegación, de las referidas a invenciones relativas a la propia embarcación y sus máquinas auxiliares. Se sale de nuestros límites el estudio de los instrumentos de navegación y las numerosas invenciones que se derivaron de ellos. Limitándonos a los aspectos tecnológicos de las embarcaciones, estudiaremos dos cuestiones que obsesionaron a los inventores náuticos: el achique del agua por medio de bombas eficaces y el conseguir un barco que navegase sin el auxilio de velas.

En lo que se refiere a las bombas de achique para instalar en los barcos, hay que mencionar al conocido cosmógrafo portugués Diego Ribeiro[12], que presentó a Car-

[11] «Cédulas de privilegio y patentes de invención», *Historia de la Ciencia y de la Técnica en la Corona de Castilla*, L. García Ballester, J. M. López Piñero y J. L. Peset (dirs.), Valladolid, 2002, vol. III, pp. 83-91.

[12] M. Fernández Navarrete: *Disertación sobre la historia de la náutica*. Madrid, 1846, pp. 360-365. A. F. Cortesao: *Cartografia e Cartografos Portugueses dos seculos XV e XVI*, 2 vols., Lisboa, 1935. A. Vigueras: «The Cartographer Diego Ribeiro», *Imago Mundi*, 16 (1953), pp. 76-83. J. M. López Piñero

los I un invento de bombas metálicas de desagüe destinadas a ser utilizadas en los buques españoles. El emperador otorgó a Ribeiro por esta invención una real cédula de privilegio fechada en Granada el 9 de noviembre de 1526, concediéndole, además de su salario de 30.000 maravedís al año, una pensión de otros 60.000. El 13 de octubre de 1531 se nombraron unos expertos para que examinasen la invención y el 4 de noviembre del mismo año se ordenó hacer una prueba en la nave Santa María del Espinar, efectuada el 25 de noviembre con resultado satisfactorio. También fue favorable la prueba realizada en la nave Mar Alta en un viaje hasta Nueva España, que el 24 de abril de 1533 ya estaba de vuelta, declarando los marineros que habían sido salvados de naufragar gracias a este nuevo tipo de bombas. En 1531 se concedió un privilegio para que Ribeiro pudiese surtir con ellas en exclusiva por doce años a todos los buques de guerra y mercantes españoles.

Las bombas de Ribeiro funcionaron en los buques españoles que iban a América hasta 1545, ya extinguida la patente, año en que fueron reemplazadas por otras inventadas por Vicente Barroso[13]. Finalmente, Jerónimo de Ayanz, de quien nos ocuparemos posteriormente, consiguió una patente en 1606, con unas bombas de achique por balancín que se adelantaron a las que se usarían en los siglos siguientes.

Otro problema era la navegación en tiempo de calma. La primera patente de invención de este tipo que hemos localizado[14] fue la de un ingenio del catalán Guillén Cabier, fechada el 18 de agosto de 1522, sin que se especifique qué tipo de instrumento se pensaba utilizar, pero que podría consistir en unas ruedas de paletas movidas por hombres o por animales, de las que hay algunas noticias de que se intentaron utilizar en la Antigüedad. En efecto, la invención del barco de ruedas de paletas posiblemente se remonte al año 370 d. C., quizás por el anónimo autor de la obra *De rebus bellicis*. En este barco, tres pares de bueyes hacían girar, por medio de una transmisión, unas ruedas de paletas. Esta invención precede en varios siglos a los barcos de paletas movidos por hombres que los chinos utilizaron en una batalla naval del siglo XII. La exclusiva de explotación del barco de Cabier es de por vida, condicionada a la realización del ingenio, del que no tenemos noticias de que llegara a funcionar con eficacia.

Años después, en 1531, el griego Jano Lascari propuso al embajador español en Roma un «ingenio para navegar en tiempo de calma». El embajador decía que este invento «era cosa difícil, pero en fin, más cosas son posibles en el mundo y en espe-

y otros: *Diccionario histórico de la ciencia moderna en España*, Barcelona, 1983, p. 211. N. García Tapia: *Patentes de invención..., op. cit.,* p. 14.

[13] J. M. López Piñero: *Ciencia y técnica en la sociedad española en los siglos XVI y XVII,* Barcelona, 1979, p. 211. N. García Tapia: *Patentes de invención...*, p. 21.

[14] Archivo General de Simancas (AGS), Cámara de Castilla (CC), Libros de Cédulas (LC), n.º 49, fols. 336v y 337r.

cial a los griegos, de donde es el que siempre fueron inventores de grandes cosas y novedades»[15].

El primer barco de paletas que llegó a funcionar fue el del hidalgo toledano Blasco de Garay, autor de numerosas invenciones de molinos, buzos y aparatos de destilación, lo que sin embargo no le daba de comer, según un dramático memorial que dirigió el 6 de julio de 1539 al secretario de Carlos I y en el que llegó a decir que «porque sin comer no se puede hacer cosa, escribo a Su Merced la necesidad que tengo [de] que me provean de algo para gustar, porque juro a Nuestro Señor que es la mayor que tuve ni sentí desde que nací, tanto que hoy doy la espada a vender para comer [...] la necesidad es ya tanta, que me quita el entendimiento de lo que hago el pensamiento del comer, que es el más triste pensamiento que yo probé jamás»[16].

El barco para navegar sin velas ni remos ha sido el invento de Garay que más ha acaparado la atención, debido a que el historiador Martín Fernández Navarrete publicó en el siglo XIX que Blasco de Garay había inventado la aplicación del vapor a la navegación, basándose en una nota que le había remitido el archivero de Simancas, Tomás González. Esto desató una fuerte polémica sobre el origen del aprovechamiento de la energía del vapor, hasta que Modesto Lafuente, estudiando detenidamente los documentos del Archivo de Simancas, dedujo que no se había aplicado la energía del vapor sino la humana para mover las ruedas de paletas[17]. Nosotros pensamos que esta confusión proviene de otra invención de Garay de una caldera para hervir el agua del mar y hacerla potable, que iría en el mismo barco y que se interpretó como la caldera de una supuesta máquina de vapor.

Blasco de Garay hizo varias pruebas con este barco. La primera en Málaga el 4 de octubre de 1539 y otra el 20 de julio de 1540. Estas pruebas se repitieron en Barcelona en 1542 y 1543 y en Nápoles en 1543 ante Carlos I y su hijo, el futuro Felipe II, que ya entonces mostraba un gran interés por todo tipo de invenciones.

Si bien Blasco de Garay consiguió salir de los apuros económicos que le habían hecho pasar hambre, no vio cumplida en vida su aspiración de ver aplicarse a las naves españolas su ingenio de ruedas de paletas. Su hijo, también llamado Blasco de Garay, continuó porfiando en el intento, pues conocía el «secreto» de su padre, sin que, al parecer, consiguiese tampoco el objetivo deseado[18].

Otros inventores siguieron intentando, a lo largo del siglo XVI, hacer realidad el sueño de hacer navegar un barco sin necesidad de velas, sobre todo después del fracaso de la Armada Invencible. Algunos de ellos eran clérigos, como Fray Domingo de

15 AGS, Estado (E), leg. 853, fol. 82.

16 F. Picatoste Rodríguez: *Apuntes para una biblioteca científica española del siglo XVI*, Madrid, 1981, p. 115.

17 M. Lafuente: *Historia de España*, tomo XV, lib. II, cap. XII.

18 N. García Tapia: *Patentes de invención...*, *op. cit.*, pp. 16-19.

Floriana, un padre de la orden de predicadores natural de Artá (Mallorca). Después de conseguir, tras muchas súplicas, que le dejaran probar sus barcos en Málaga el año de 1590, los testigos presenciales dijeron que no solo no conseguía avanzar el barco, sino que si soplaba viento contrario iba hacia atrás. El bueno de fray Domingo no se desanimó y siguió proponiendo sus invenciones al rey Felipe II[19].

El que sí se desanimó al ver fracasar su invento de barco de paletas fue el jesuita Martín Rico, quien, según declaró un compañero suyo, llegó a «morir de pena» por los inconvenientes y continuos fracasos de su barco de paletas, que fue ensayado en El Ferrol en 1589, y reformado una y otra vez sin que pudiese nunca navegar[20]. Este problema de los barcos de paletas no se llegaría a resolver hasta la aplicación de una energía más potente, como la de vapor, que no surgiría hasta varios siglos después.

Sin embargo, en el campo de la construcción de embarcaciones se hicieron en España notables progresos gracias a las invenciones de hombres como don Álvaro de Bazán, del que se conservan algunas patentes en este sentido, aunque, posiblemente debido a ser un secreto militar, no especifican en qué consistían[21]. Pero la Armada española tenía otros defectos de tipo organizativo y económico, que no es el momento de analizar aquí, que impidieron la creación de una gran fuerza naval.

VIII

Máquinas para elevar el agua

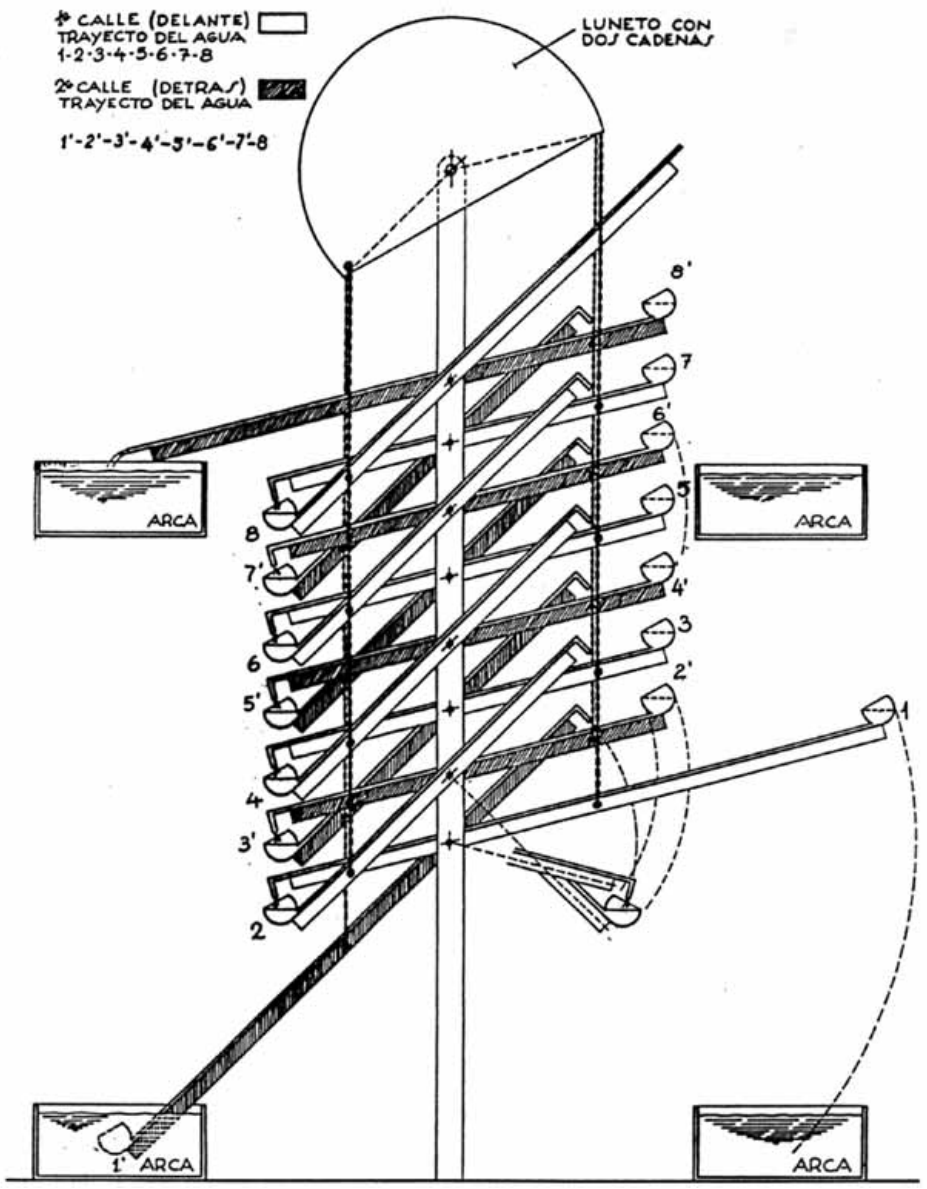
Una de las invenciones más famosas del siglo XVI fue la conocida como el ingenio o «artificio de Juanelo», que causó tal admiración en Toledo, donde estuvo funcionando hasta 1639, que los forasteros que acudían a visitar esta bella ciudad lo primero que iban a ver era esta máquina, e incluso pagaban por ello. Juanelo Turriano, el inventor, era un relojero de origen italiano que vino a España a servir a Carlos I, quedándose luego en Toledo sirviendo a Felipe II. Ya era famoso por su habilidad como relojero cuando el rey Felipe II, ante los fracasos de diversos intentos de bombas hidráulicas, le ordenó construir una máquina que elevase el agua desde el río Tajo al Alcázar y a la propia ciudad de Toledo, que sería pagada entre el municipio y la corona.

Juanelo hizo dos ingenios, uno terminado en 1569 y el otro en 1581, que funcionaron satisfactoriamente. El rey tomó toda el agua para el Alcázar, y la ciudad, al no tener el abastecimiento convenido, no pagó a Juanelo el dinero que este había adelantado. El relojero murió en 1585 en la pobreza más absoluta, a pesar de la fama

[19] AGS, Guerra Antigua (GA), leg. 264, fols. 293-296, leg. 307, fol. 110, leg. 312, fol. 153.

[20] AGS, GA, leg. 254, fols. 122, 123 y 291; leg. 366, fol. 213.

[21] Ídem, CC, LC, n.º 114, fols. 340-342.



18.5. Reconstrucción de una de las torres elevadoras de agua *del ingenio de Juanelo Turriano para impulsar el agua desde el Tajo hasta el Alcázar de Toledo. Consistía en una serie de brazos con tuberías terminadas en cazos por un extremo, que se pasaban el agua de uno a otro al oscilar, movidos por unos lunetos que, a su vez, eran accionados por bielas. La energía la proporcionaban unas ruedas hidráulicas movidas por la corriente del río. Aunque Juanelo no lo patentó, existe un privilegio anterior concedido a Antón Ruiz Canalejo para la misma finalidad que tenía el nombre de «balanza de cajas», lo que sugiere un mecanismo similar. (Dibujo de Juan Ramos basado en la reconstrucción de Nicolás García Tapia.)*

de sus invenciones[22]. En Hispanoamérica se conserva el dicho «el huevo de Juanelo» que equivale a la expresión «el huevo de Colón» en España.

La fama de Juanelo estaba justificada. Una preocupación constante de los inventores españoles fue la de las máquinas para elevar el agua. Las norias, las espirales de Arquímedes, los tímpanos y otros instrumentos conocidos desde época romana, eran impotentes cuando había que elevar el agua a mayor altura de unos treinta metros, que era lo máximo que podía conseguirse a mediados del siglo XVI con los ingenios conocidos, incluidos los más perfeccionados, que eran las «tisibicas» o bombas de émbolo que aparecen en los tratados de máquinas de la época, como *Los veintiún libros de los ingenios.*

En los archivos se conservan varias patentes de máquinas elevadoras de agua, a lo largo de todo el siglo XVI, sin que conozcamos su tecnología, guardada celosamente por sus inventores.

Entre las máquinas más curiosas, destacaremos unas patentadas en 1550 por Antón Ruiz Canalejo, vecino de Córdoba. Los nombres que puso a sus ingenios eran de lo más sugestivo: uno se llamaba «supleviento», que servía para «correr mucho el agua sin corriente ninguna, y pasarla por çima de peñas y montes sin romperlos»; otro era de «prudentes mañas», lo que sugiere ingeniosos artificios; otro tenía el nombre de «alentador de aguas muertas», pues movía el agua estancada y, finalmente, había una misteriosa «balanza de cajas» que elevaba el agua a alturas sin límites. Lo curioso es que, a pesar de la aparente fantasía que encerraban dichas máquinas, obtuvo su patente por 15 años después de ser los consejeros reales «informados de la calidad de dichos ingenios», y se le concedió una prórroga de 25 años para sus invenciones[23].

La «balanza de cajas» de Ruiz Canalejo podría consistir en un mecanismo similar a una balanza (de ahí su nombre) con dos recipientes o cajas en sus extremos que, al oscilar, van pasándose el agua de un extremo al otro y luego, por etapas sucesivas, a otras balanzas situadas más arriba. Si esto era así, podría ser un precedente del ingenio de Juanelo, que consistía precisamente en una serie de torres de balancines con cazos en sus extremos que, por oscilaciones sucesivas, se iban pasando el agua de unas a otras. Toda la máquina se movía por la corriente del Tajo por medio de unas grandes ruedas hidráulicas.

Un mecanismo de relojería acompasaba los movimientos de todos los balancines que se asimilaban, según los testimonios de los contemporáneos, a hombres pisando racimos de uvas o a una «máquina que baila». En el siglo XVII, un entremés bailable de Luis Quiñones de Benavente reproducía los rítmicos movimientos del

[22] N. García Tapia: *Ingeniería y Arquitectura en el Renacimiento español,* Valladolid, 1990, cap. 7; y N. García Tapia y J. Carrillo: *Tecnología e Imperio. Ingenios y leyendas en el Siglo de Oro. Juanelo, Lastanosa, Herrera y Ayanz*, Madrid, 2002.

[23] N. García Tapia: *Patentes de invención...*, *op. cit*, pp. 42 y 43.

artificio toledano. Es posible que la leyenda del «Hombre de Palo», un fantástico autómata de madera hecho por Juanelo, tenga su origen en el ingenio para elevar el agua en Toledo, que tenía forma humana y del que no han quedado más que unas noticias y un inventario de piezas, que nos ha permitido reconstruirlo de forma casi completa.

El ingenio de Pedro de Zubiaurre que se instaló en Valladolid en 1603 es otro ejemplo de máquina que sirvió para elevar el agua a un palacio real, aunque en un principio iba destinada para alimentar las fuentes de la ciudad. Hasta tiempos relativamente recientes, el lugar que ocupó la máquina se denominó «artificio de Juanelo», confundiéndolo con el famoso ingenio toledano. Fue producto del «espionaje industrial» que el general Zubiaurre efectuó sobre las bombas hidráulicas instaladas en el Támesis para surtir de agua a la ciudad de Londres.

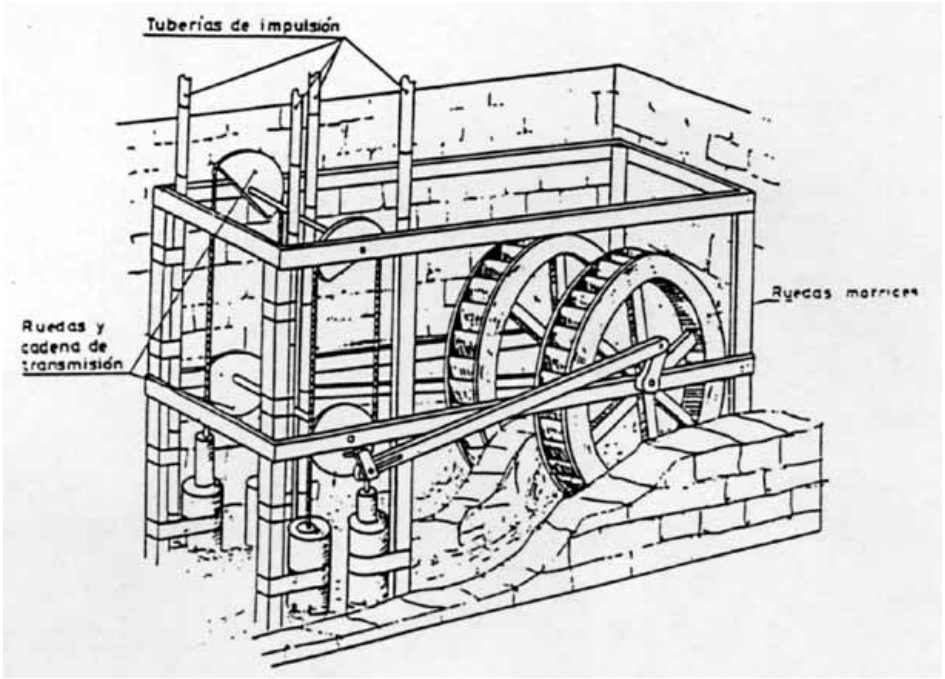
La historia de este ingenio es muy curiosa. Una vez efectuada la misión de Zubiaurre en Londres, donde consiguió hacerse con las máquinas que estaban bajo patente del alemán Peter Morris, el general español fue hecho prisionero por los ingleses y encerrado en la Torre de Londres. Sin embargo, tuvo tiempo de hacer un modelo de las bombas hidráulicas y entregárselo a su criado para que pudiesen construirse en España bajo patente de Zubiaurre.

Pero el criado traicionó a su amo, vendiendo como suyos a unos particulares los modelos de las bombas que traía y pretendió también entregarlos al rey, a cambio de ciertos favores, para instalarlos en el Alcázar de Madrid. Incluso intentó reemplazar con estas bombas los complejos mecanismos del artificio de Juanelo en Toledo, que ya tenía problemas de funcionamiento. Enterado de la conducta indigna de su criado, Zubiaurre, una vez libre de su prisión, emprendió viaje a España, donde mandó encarcelar a quien había abusado así de su confianza. Para mayor seguridad consiguió en 1603 una patente de las bombas y logró que se instalaran en el río Pisuerga de Valladolid, donde sirvieron para alimentar con agua de este río las fuentes y los jardines del palacio de verano del rey.

Hay que decir que Zubiaurre había conseguido el privilegio de fabricar estas bombas espiando las ya patentadas por Peter Morris, aunque puede aducirse en su disculpa que la patente de las bombas hidráulicas londinenses solo alcanzaba el territorio inglés.

El ingenio de Zubiaurre era diferente al de Juanelo, pues la elevación de agua se conseguía por la presión de cuatro bombas de émbolo movidas por unas ruedas hidráulicas situadas en el Pisuerga. Funcionó hasta mediados del siglo XVIII, aunque con algunas averías por defectos de mantenimiento, ya que el palacio y sus jardines habían quedado sin uso cuando Valladolid dejó de ser la sede de la Corte[24].

[24] Ídem, *Técnica y poder en Castilla durante los siglos XVI y XVII*, Salamanca, 1989, pp. 172-191. (2.ª ed., 2003).



18.6. Reconstrucción del ingenio patentado por Zubiaurre en 1603, *e instalado en el mismo año en Valladolid para elevar el agua del Pisuerga. Fue fruto de un espionaje realizado por Zubiaurre en Londres, explotado indebidamente por su criado. Consistía en dos ruedas movidas por la corriente del agua, que, a través de un sistema de bielas, ruedas oscilantes y cadenas, moviesen los émbolos de unas bombas o «tisibicas». (Dibujo y reconstrucción del autor.)*

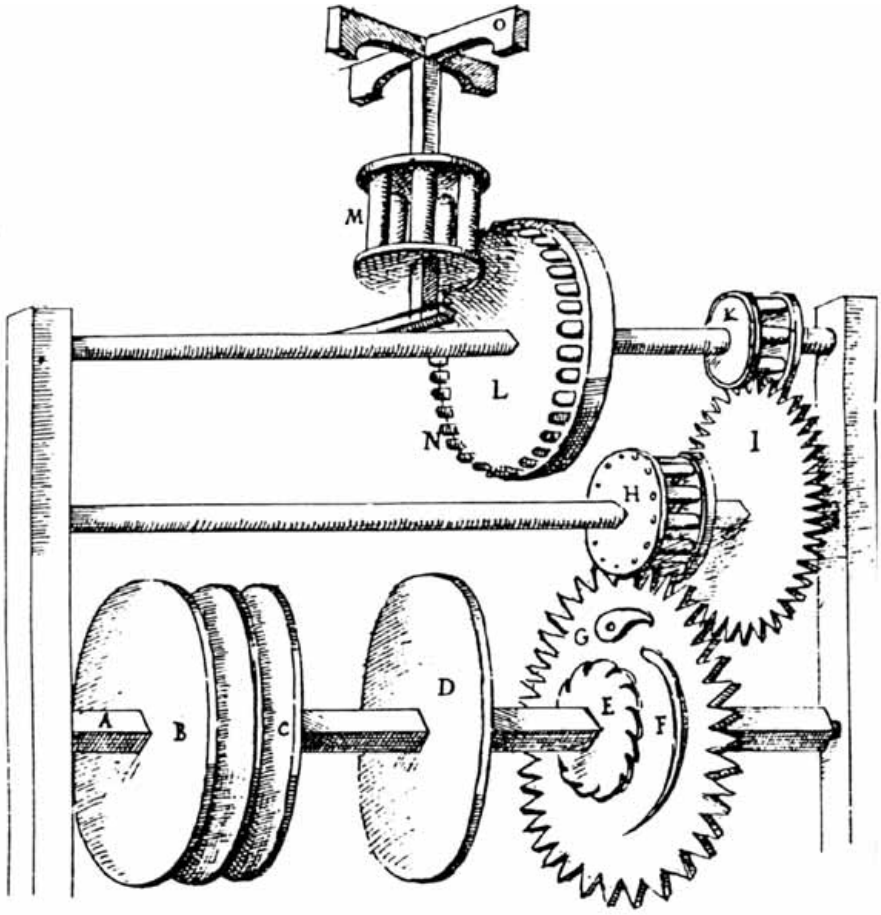
IX

Invenciones en molinos

Los molinos, en sus diversas modalidades, fueron objeto en numerosas solicitudes de privilegio de invención. Ya hemos dicho que la primera patente conocida en España, datada en 1478, fue para mejorar el sistema de molturación de cereales y fue concedida por Isabel la Católica a su médico Pedro Azlor.

En otros casos se trataba de mejorar la producción de los molinos, como la que fue concedida a Pedro Ortiz de la Sobera, natural de Guipúzcoa, cuyo rendimiento resultó ser de cincuenta fanegas de trigo día y noche. El documento de concesión de patente fue firmado por el príncipe, el futuro rey Felipe II, en Madrid, el 20 de febrero de 1552.

Los molinos portátiles eran también objeto de preocupación por los inventores, por su posible aplicación en el ejército para alimentar a las tropas en sus desplazamientos.



***18.7. Molino de contrapesos de* Los veintiún libros...** *dibujado con errores y falta de piezas esenciales para su funcionamiento. Su explicación en el manuscrito es muy escueta, contrastando con la minuciosidad del resto de las descripciones. La causa de esto podría encontrarse en el pleito a que estaba sometida entonces (1570) una invención de molino de contrapesos de Pedro Juan de Lastanosa, a quien atribuimos el original del manuscrito, pues es comprensible que no deseara mostrar un mecanismo que aún estaba en litigio.*

A Juanelo se le adjudica la invención de un pequeño molino «que cabía en una manga», pero existen testimonios de privilegios concedidos por molinos transportables más verosímiles. Así, el 24 de septiembre de 1568, se concedió a un miembro de la guardia alemana, cuyo nombre se españolizó como Holipernes Esnoque, la patente por diez años de un molino de mano que permitía alimentar con su harina a cien personas al día[25].

[25] Ídem, *Patentes de invención...*, *op. cit.*

Pedro Juan de Lastanosa obtuvo el 29 de julio de 1569 un privilegio de invención por un molino de contrapesos que fue recurrido legalmente por un vecino de Nueva España que pretendía haber realizado la misma invención. El largo proceso que siguió demostró que fue Lastanosa el verdadero inventor, pues tal como lo había concebido el demandante no tenía posibilidad de moler, mientras sí funcionaba con el perfeccionamiento de los mecanismos que hizo el aragonés, por lo que recibió un privilegio en exclusiva para 40 años.

En *Los veintiún libros* aparece un curioso molino de contrapesos con algunas piezas que faltan y otras notoriamente alteradas. El autor, en contra de las detalladísimas explicaciones que hace de las otras máquinas del manuscrito, realiza solo una somera descripción, añadiendo que «esto basta para el molino de contrapesos». Si, como creemos haber demostrado por otras vías, Lastanosa fue el autor del manuscrito, no cabe duda de que tenía razones más que suficientes para ocultar lo que estaba bajo secreto del sumario.

A propósito de la autoría, uno de los testigos, el ermitaño e ingeniero fray Ambrosio Mariano Azaro, dice que el rey había encargado a Lastanosa «examinar las máquinas y entender sobre ingenios»[26].

Relativo a las máquinas auxiliares a la molienda, se conserva una patente de Jaime Zamora, vecino y natural de Valencia, quien obtuvo, el 31 de mayo de 1572, licencia por 30 años bajo pena de 30.000 maravedís a los contraventores, de una máquina para cerner harina, que él denominó «cedazo sordo», que facilitaba esta operación separando la harina del salvado.

Un italiano conocido en España con el nombre de José Bono patentó, a fines del siglo XVI, un sistema de pesas oscilantes que se levantaban al girar el molino, precedente de los actuales reguladores centrífugos de velocidad, aunque ya había sido diseñado por Taccola, sin patentarlo, un sistema de bolas de inercia para la misma finalidad.

Varias invenciones se concedieron para otros tipos de molino de mano, de animales o de viento. Lo común a todas ellas es el deseo de aprovechar mejor la energía y conseguir una mayor producción de grano[27].

Una vez más, hay que decir que el inventor Jerónimo de Ayanz las superó todas, al inventar y patentar en 1606 los molinos de rodillos metálicos para triturar el grano, precedente de las que actualmente se usan en las fábricas de harinas. También diseñó nuevos mecanismos que mejoraban la producción de harina[28].

---

[26] Ídem, *Los veintiún libros de los ingenios y máquinas, atribuidos a Pedro Juan de Lastanosa*, Zaragoza, 1997.

[27] Ídem, *Patentes de invención...*, *op. cit.*

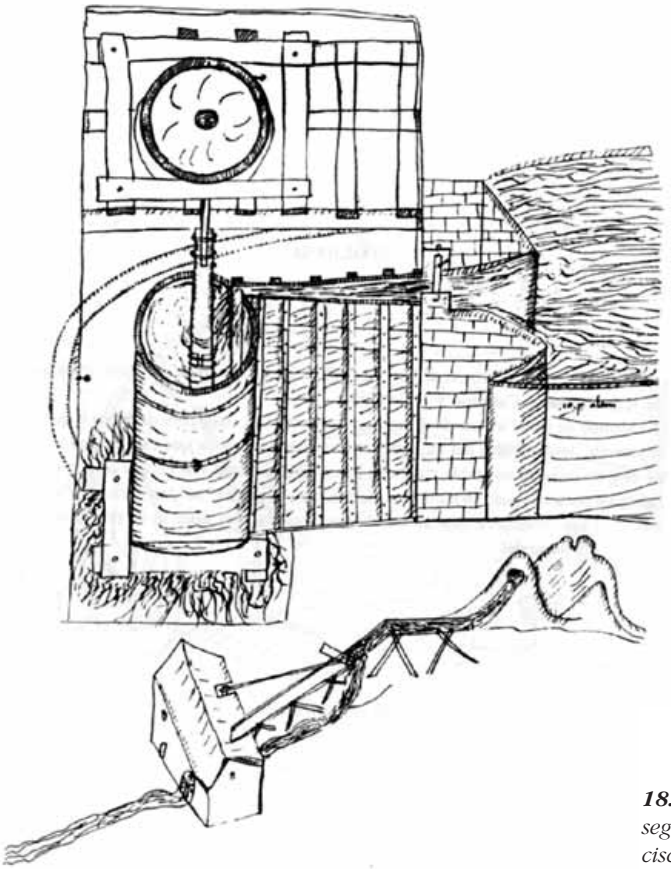
[28] Ídem, *Un inventor navarro. Jerónimo de Ayanz y Beaumont (1553-1613),* Pamplona, 2001.

X

Precedentes de las turbinas hidráulicas

Las turbinas que equipan las centrales hidroeléctricas actuales tienen su precedente en las ruedas hidráulicas de los antiguos molinos. En España era muy corriente el molino de *rodezno* o de rueda hidráulica horizontal, debido a las especiales características hidrológicas de los ríos españoles, que son generalmente de un caudal escaso y con grandes variaciones.

Del molino de rodezno derivó el de *regolfo*, consistente en una rueda hidráulica horizontal a la que se rodea de un cilindro llamado *cubete*, que sirve para producir un intenso giro al agua que mueve así el rodezno con mucha mayor energía. El aprovechamiento de esta fuerza centrífuga es la base de las modernas turbinas, por lo que este molino de regolfo, inventado en España a mediados del siglo XVI, es un primer precedente de las turbinas. Este tipo de molino es mencionado en los documentos españoles y descrito con detalle en *Los veintiún libros*.



18.8. Molino «de regolfo», *según el manuscrito de Francisco Lobato (fol. 14).*

Un innovador del molino de regolfo fue el medinense Francisco Lobato, quien en unas notas manuscritas[29], explicó y dibujó un molino de regolfo inventado por él, consistente en un rodezno metálico con álabes curvados hacia atrás para aprovechar la reacción del agua a la salida, lo que constituía un paso más hacia las modernas turbinas de reacción. Su invención es de 1576 y, aunque no la patentó, consta que se fabricaron molinos de este tipo, primero en zonas próximas a Medina del Campo y luego se extendieron a toda España, llegando al sur de Francia en los siglos siguientes. De estos molinos *à cuve* franceses sacó Fourneyron, en 1826, la idea para fabricar su turbina de reacción, de la que se le considera inventor, pero que vemos que hunde sus raíces en los molinos de regolfo españoles del siglo XVI[30].

La diferencia esencial entre un molino de regolfo y una turbina es que esta última se encuentra completamente cerrada, con lo que se aprovecha también la presión del agua. Pues bien, en 1580, un clérigo español, Alonso Sánchez Cerrudo, capellán de la Casa de Campo de Madrid, patentó ante el Consejo de Indias un molino de regolfo completamente cerrado y del que salía el agua por medio de un sifón, como el difusor de las modernas turbinas a reacción[31]. Desconocemos si este molino llegó a construirse, aunque sabemos que esta invención también se patentó en América. Esta máquina representa, con tres siglos de adelanto, la precursora de las de las turbinas Francis que se emplean actualmente en las centrales hidroeléctricas.

Alonso Sánchez Cerrudo tenía experiencia como inventor, ya que había patentado un nuevo tipo de batán, y como constructor de molinos, porque fue quien hizo la maquinaria de los que se instalaron en el monasterio de El Escorial, cuyo edificio había proyectado Francisco de Mora, así como la de varias aceñas en Valladolid[32].

XI

Las invenciones de Jerónimo de Ayanz

El más importante de los inventores españoles de los siglos XVI y XVII fue Jerónimo de Ayanz. De familia noble, que destacó por sus servicios a la Corona y por sus hechos de armas, el origen y la formación de Jerónimo de Ayanz no hacían presagiar su dedicación a la invención técnica.

Jerónimo de Ayanz nació en el año 1553 en Guendulaín, señorío de la familia, cerca de Pamplona. Entró desde muy pequeño al servicio de Felipe II como paje y

[29] N. García Tapia y J. A. García-Diego: *Vida y técnica en el Renacimiento. Manuscrito de Francisco Lobato*, Valladolid, 1997.

[30] N. García Tapia y C. Carricajo Carbajo: *Molinos de la provincia de Valladolid*, Valladolid, 1990.

[31] N. García Tapia: *Del dios del fuego a la máquina de vapor. La introducción de la técnica en Hispanoamérica*, Valladolid, 1992.

[32] Ídem, *Ingeniería y arquitectura...*, *op. cit.*, pp. 227-231.

luego se dedicó a la milicia, tomando parte en el socorro de la Goleta, en las guerras de Flandes y en las de la isla Terceira. Destacó por su extraordinaria fuerza física y su valor, por lo que Lope de Vega, amigo y admirador suyo, le hizo aparecer en una de sus comedias y le dedicó un soneto a su muerte, llamándole el «Hércules español». En una ocasión salvó al rey Felipe II de un atentado, lo que le valió cargos y honores, como el de la Encomienda de Ballesteros de la Orden de Calatrava y otras prebendas importantes. Estuvo al servicio del rey en La Coruña, en Cartagena y en Murcia, donde casó y fue regidor perpetuo, siendo luego nombrado gobernador de Martos. En relación con la ingeniería militar, intervino en el proyecto de construcción de dos torres defensivas, La Horadada y Estacio, en la costa murciana, y fue el principal impulsor del puerto de Cartagena, al conseguir que invernasen allí los barcos de la Armada española.

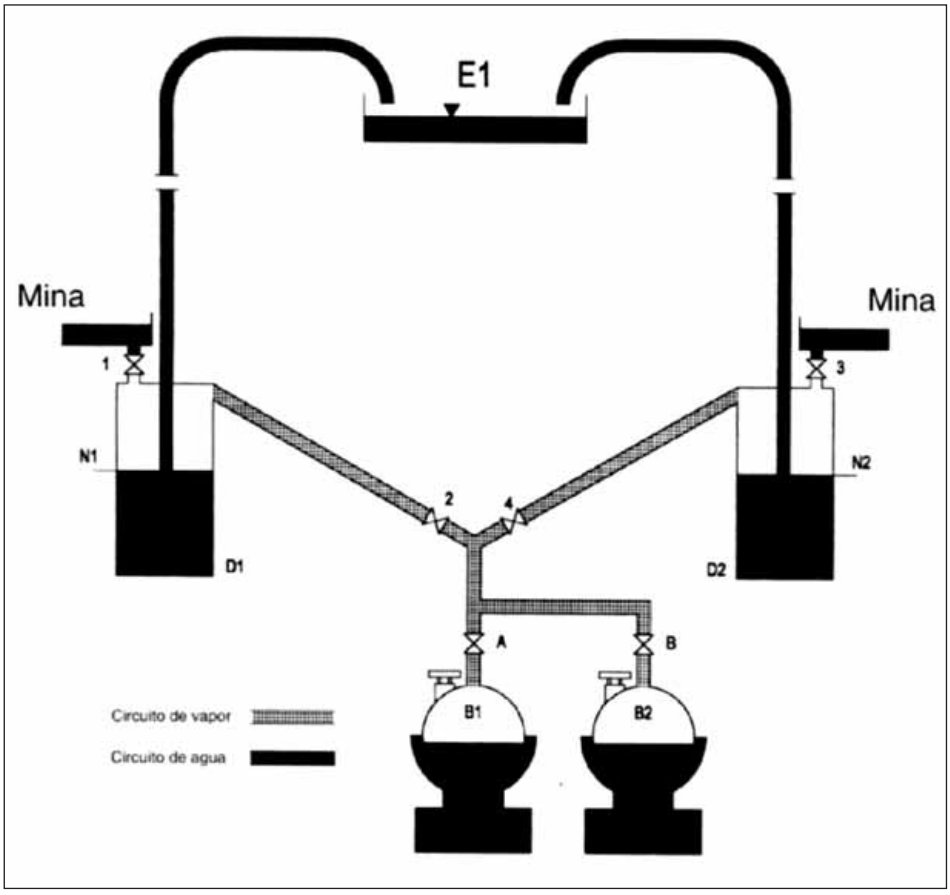
Entre otras actividades destacó en la música, componiendo canciones y cantando con una impresionante voz de bajo. En la pintura fue considerado un buen autor de cuadros por Pacheco, el suegro de Velázquez. Incluso intentó crear una especie de Museo y Academia de Bellas Artes, para conservar las colecciones artísticas reales y enseñar la pintura y la escultura, examinando a los artistas.

En 1597 fue nombrado administrador general de las minas del reino, por lo que inspeccionó más de 550 minas haciendo ensayos de los minerales que se extraían de ellas. En una de estas inspecciones, pereció uno de sus ayudantes y el propio Ayanz estuvo a punto de perder la vida debido a la inhalación de los gases tóxicos desprendidos de uno de los hornos. Este accidente influyó en su dedicación a la invención de nuevos tipos de hornos y a la investigación de sistemas para renovar el aire nocivo y poder respirar sin riesgo en ambientes tóxicos.

Como consecuencia de esta inspección de las minas españolas, Jerónimo de Ayanz elaboró una *Respuesta* en la que expuso varias soluciones para los problemas de la explotación de las minas y en la que se refiere a varias de sus invenciones, que habían sido probadas con éxito ante el rey Felipe III y sus consejeros.

En 1606 Ayanz obtuvo la patente para la explotación de más de cincuenta invenciones, cuyo documento hemos descubierto recientemente en el Archivo General de Simancas. En 1608 dejó su cargo de administrador general de las minas para dedicarse, junto con otros socios, a explotar las ricas minas de plata de Guadalcanal empleando alguna de sus invenciones, aunque la sociedad se disolvió al considerarse Ayanz engañado por sus socios.

En 1610 intervino en el problema, aún no resuelto, de la determinación de la longitud en alta mar, con la invención de unos instrumentos para ello, y también en una polémica sobre la declinación de las agujas magnéticas, demostrando científicamente la falsedad de los que afirmaban que podían hacerse agujas fijas que no declinaran. Murió en Madrid en el año 1613. Sus herederos, dedicados a la vida cortesana, abandonaron la explotación de las invenciones de Jerónimo de Ayanz, aunque los derechos de las mismas aún estaban vigentes.



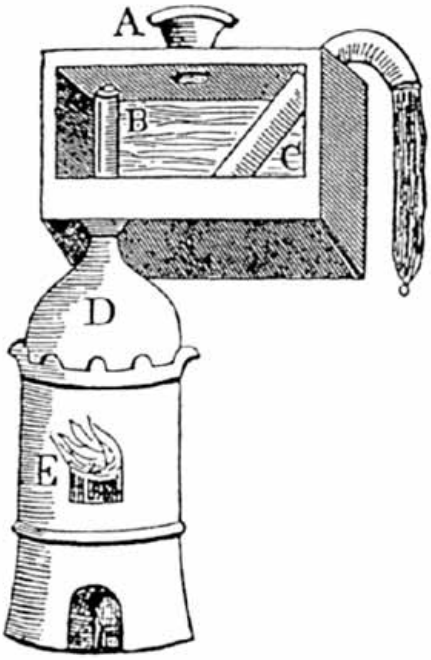
18.9. Reconstrucción del ingenio de vapor de Jerónimo de Ayanz, *patentado en 1606, consistente en dos calderas (B1 y B2) que conducen el vapor alternativamente a dos depósitos (D1 y D2), a través de dos válvulas (1 y 2). La presión del vapor permite elevar el agua procedente de una mina hasta un depósito (E1) situado en la parte alta. Un sistema similar fue patentado casi un siglo después por Thomas Savery. Esta máquina, que denominó «el amigo del minero», representó el inicio de la era del vapor en la revolución industrial inglesa. (Dibujo de Diego Moñux basado en la reconstrucción de Nicolás García Tapia.)*

Muchos son los campos en los que intervino este genial inventor, que no se limitó a los hornos y a los instrumentos de la industria minera y metalúrgica. Por ejemplo, inventó varios sistemas para el aprovechamiento de la fuerza del hombre, accionando máquinas de forma más eficaz. Para medir el rendimiento de la fuerza ejercida sobre una máquina, ideó un sistema medidor de potencia basado en la balanza, con lo que se adelantó a los aparatos de medida de Prony y Smeaton, dos siglos posteriores. Enunció para las máquinas el concepto de «fatiga», por semejanza con la del cuerpo humano.

Como muchos inventores de su época, Ayanz se ocupó también de los molinos. Aparte de los que ya hemos descrito, diseñó varios tipos de aspas para molinos de viento y ruedas para los de agua. Entre los molinos de animales, hay uno muy curioso consistente en una gran rueda de andar, movida por bueyes que son estimulados por la comida de un pesebre que tienen delante y por un palo que les golpea por detrás cuando se paran.

Ayanz se ocupó también de la ingeniería hidráulica. En España se estaban construyendo grandes presas empleando novedosos sistemas constructivos como el contrafuerte y el arco, que se utilizaron respectivamente en la presa de Ontígola, cerca de Aranjuez, y en la de Tibi, en la provincia de Alicante. Utilizando el principio del arco, Ayanz diseñó una presa formada por una estructura de cajas de madera rellenas de mampostería, cuyos empujes se transmiten a unos grandes contrafuertes laterales.

La posibilidad de estar un tiempo prolongado bajo el agua era uno de los problemas que más había preocupado a los inventores renacentistas, incluido al propio Leonardo da Vinci. Los equipos de buceo de la época, basados en el principio de la campana neumática, solo permitían estar bajo el agua un tiempo muy limitado, debido al deficiente sistema de renovación del aire. Jerónimo de Ayanz resolvió el problema al incorporar dos conductos diferentes: uno para la aspiración del aire y otro para la expulsión, que se acomodaban a la respiración humana por medio de unas válvulas. Esto le permitió acoplar este mecanismo a diferentes equipos de



18.10. Experimento de Juan de Escrivá con vapor de agua, *utilizable para subir agua (1606).*

bucear, como campanas, trajes de buzo e incluso a unas barcas cerradas que podían descender y ascender dentro del agua como unos submarinos. Diseñó también equipos de bucear autónomos que podían acoplarse al pecho o a la espalda de los buceadores, lo que les permitía trabajar bajo el agua. La finalidad de estos aparatos era la de rescatar tesoros de los barcos hundidos en el mar y la de extraer las perlas de los ostrales que eran muy abundantes en algunos puntos de América. Esta labor era realizada, sin ningún instrumento, por negros buceadores que estaban expuestos a múltiples accidentes.

El propio Ayanz propuso dotar de sus equipos de buceo a los negros esclavos de la isla Margarita. Para mostrar la eficacia de sus aparatos, Ayanz hizo una demostración en agosto de 1602 en el río Pisuerga de Valladolid, entonces sede de la corte, a la que asistió el rey Felipe III y numerosos espectadores que contemplaron con admiración cómo se sumergían unos buzos con los nuevos equipos de Ayanz y cómo salían al cabo de más de una hora, sin que tuviesen la menor molestia[33].

XII

Máquinas de vapor para el drenaje de minas

Uno de los más graves problemas que se presentaban en las minas era la inundación de las galerías por el agua que se infiltraba. Cuando no existía la posibilidad de practicar un túnel que evacuase en agua por gravedad, había que recurrir a ingenios más o menos complejos para drenar las minas. Desde época romana se conocían estos ingenios, que en el Renacimiento no habían variado prácticamente.

En el famoso libro sobre minas *De re metallica*, del alemán Agricola, publicado en 1556, se describen los aparatos entonces conocidos para elevar el agua. Cuando no se disponía de una corriente de agua próxima para mover los ingenios de desagüe, había que recurrir a la fuerza humana o de los animales.

De esta forma, las bombas eran accionadas por animales sujetos a una noria o bien por hombres andando dentro de una rueda o moviendo los tornos en que subían lentamente los recipientes de desagüe. El trabajo era penoso y poco eficaz, por lo que se habían abandonado algunas ricas minas por estar inundadas, como ocurrió a las de plata de Guadalcanal.

Se necesitaba una energía nueva que reemplazase las conocidas hasta entonces, y esta sería la del vapor de agua, siendo Jerónimo de Ayanz el primero que pensó y logró utilizar la energía del vapor para un fin industrial, fabricando y patentando máquinas apropiadas para ello. Antes de entrar en la descripción de estas invenciones, conviene dar un rápido repaso a la historia del vapor, tal como se conocía antes del descubrimiento de la patente de Ayanz.

[33] Ídem, *Un inventor navarro..., op. cit.*, cap. 10, pp. 157-179.

Los primeros artificios que utilizaron el vapor de agua para fines de curiosidad y entretenimiento fueron las *eolipilas*, unas esferas huecas que, al introducirse vapor de agua en su interior, se ponían a girar o producían efectos «mágicos». La más antigua conocida fue la descrita por Herón de Alejandría en el siglo I, propuesta para hacer girar un asador. Las *eolipilas* constituyeron un entretenimiento entre los científicos de las épocas medieval y renacentista. Al darles forma de cabeza humana, el vapor que salía por la boca producía ruidos y efectos que servían para entretener en los gabinetes científicos de las cortes europeas a los príncipes y a los curiosos cortesanos.

En *Los veintiún libros de los ingenios* se propone la utilización del vapor para encontrar y hacer elevar el agua subterránea y para insuflar un horno. El valenciano Juan de Escrivá, en 1606, año en que se aprobaron las patentes de Ayanz, decía que poseía máquinas para elevar el agua utilizando el vapor, aunque solo describe unos instrumentos para medir la cantidad de vapor que podía extraerse por evaporación del agua. Esto se encuentra en un capítulo añadido por Escrivá en su traducción al italiano de un libro de Giovanni Battista della Porta[34].

Este año de 1606 sería precisamente el de la primera patente de una máquina de vapor industrialmente utilizable, presentada por Ayanz. Lamentablemente, como luego tendremos ocasión de comprobar, esto permaneció en el olvido hasta nuestros días, y a lo largo del siglo XVII continuaron en otros países las especulaciones sobre el vapor de agua sin llegar a nada práctico.

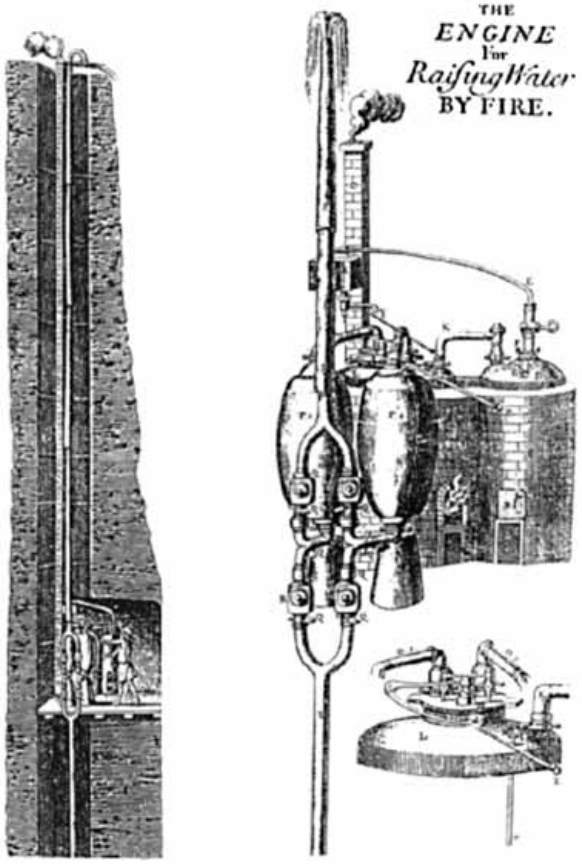
El francés Salomon de Caus, en su libro *Les raisons des forces mouvantes* (1615), describió un instrumento consistente en una esfera hueca de cobre que se llena de agua y se calienta para producir un chorro de vapor que es expulsado por un tubo vertical. Esto no es muy diferente de las clásicas *eolipilas*.

Es muy curiosa la turbina de Giovanni Branca, dibujada en el libro *Le macchine* (1629), que pretende utilizar el chorro de vapor producido por una singular caldera de forma humana para mover de forma fantástica unos mazos trituradores.

El inglés Edward Somerset, marqués de Worcester, publicó en Londres en 1663 un libro titulado *A Century of the Names and Scantlings of such Inventions*, que recoge, aunque sin ningún dibujo aclaratorio, cierto número de pretendidas invenciones suyas, entre las que puede reconocerse una idea para un ingenio de vapor para elevar el agua. Algunos historiadores consideran que la máquina del marqués de Worcester fue montada en el castillo de Ranglan, basándose simplemente en la forma de los huecos de un muro del castillo. Sin embargo, en este libro no hay ninguna explicación técnica que permita la construcción efectiva de tal máquina.

El científico francés Denis Papin, tomando la idea primordial de su colaborador, el físico Huyghens, diseñó a finales del siglo XVII un aparato que utilizaba la fuerza de succión producida al condensarse el vapor, por medio de un pistón desplazándose

[34] *I tre libri di spiritali di Giovambattista della Porta, napolitano. Cioè d'inalzar acque per forza dell'aria*, Nápoles, 1606.



18.11. Máquina de vapor de Thomas Savery (1702), *denominada «El amigo del minero».*

en un cilindro. Papin abandonó la idea al no considerarla práctica, pero su instrumento sería la base de la máquina de vapor atmosférica de Newcomen de 1712.

Hasta el año 1698 no se llegaría a realizar algo parecido a lo que constituyó la primera patente de Ayanz de 1606. Thomas Savery, un prolífico inventor con un fuerte espíritu industrial, patentó al fin una máquina industrial realizable. Después de varios ensayos, consiguió perfeccionarla hasta alcanzar la forma con la que se popularizó en el libro *El amigo del minero*, de 1702, y cuyo funcionamiento coincide básicamente con la que había patentado Ayanz casi un siglo antes.

En 1712, Thomas Newcomen ideó su máquina de vapor con un cilindro, asociándose con Savery para poder desarrollarla industrialmente, pues la patente de este, aún vigente entonces, era tan amplia que no permitía a Newcomen la puesta en aplicación de su modelo. Ya en la segunda mitad del siglo XVIII, el inglés James Watt desarrolló la máquina de vapor con condensador independiente, bajo cuya forma se comercializó el ingenio que dio origen a la Revolución Industrial inglesa.

Técnicamente las máquinas de Ayanz y de Savery derivan del principio de las *eolipilas*. Ayanz hizo de esta caldera, que él denominaba «bola de fuego», derivar una serie de tuberías con válvulas que permitían dirigir el vapor de agua hacia unos depósitos cerrados donde se producía la expansión y el consiguiente impulso de elevación del agua.

Ayanz patentó tres tipos de ingenios: en el primero de ellos se conseguía impulsar el aire por una tubería por efecto del vapor. Es lo que constituye ahora el principio de los «eyectores de vapor» tan utilizados industrialmente. Ayanz se proponía con ellos renovar el aire de las minas y de las habitaciones. Incluso se anticipó a lo que hoy es el aire acondicionado. En su segunda máquina de vapor, una caldera comunicaba por tuberías y válvulas con un depósito de presión para elevar el agua. En un tercer aparato, Ayanz colocó dos depósitos de presión que funcionaban alternativamente, con lo que se anticipó al «amigo del minero» de Savery[35].

Ayanz no se limitó a patentar sus aparatos. Con un gran espíritu industrial, intentó utilizar sus bombas de vapor para desaguar las minas de plata de Guadalcanal, formando una compañía con otros socios. Llegaron a desaguar las minas, lo que prueba que llegó a funcionar eficazmente la máquina de vapor de Ayanz. Desgraciadamente, el abandono de la empresa por sus socios y la muerte del inventor el 23 de marzo de 1613 en Madrid, impidieron que continuara en España el desarrollo de la primera aplicación de la energía del vapor a un proceso minero, origen, un siglo después, de la revolución industrial inglesa.

XIII

El privilegio de inventar

Estas invenciones de Ayanz y de otros contemporáneos suyos, en una época de fuerte declive político del reino de España, nos obligan a revisar algo que hasta ahora no se había puesto en cuestión. Junto a una época de grandes descubridores, hubo en España una de grandes inventores. Pero la invención, al contrario que el descubrimiento, precisa algo más que audacia y aventura para que fructifique. Se necesita un caldo de cultivo económico, social y político adecuado, para que lo que está en la mente de un inventor se convierta en una realidad industrial. Sin embargo, el primer eslabón imprescindible, el de la invención, se desarrolló plenamente en la España del siglo XVI, gracias a la eficacia de las primeras patentes concedidas por la monarquía hispánica.

[35] Sobre las máquinas de vapor de Ayanz y su repercusión, véase N. García Tapia: *Un inventor navarro...*, *op. cit.*, cap. 12, pp. 209-226.

BIBLIOGRAFÍA

García-Diego, José Antonio: *Los relojes y autómatas de Juanelo Turriano*, Madrid-Valencia, 1992.

— y Nicolás García Tapia: *Vida y técnica en el Renacimiento. El manuscrito de Francisco Lobato, vecino de Medina del Campo*. Valladolid, 1987 (2.ª ed. 1990).

García Tapia, Nicolás: *Técnica y poder en Castilla durante los siglos XVI y XVII*, Salamanca, 1989 (2..ª ed. 2003).

— *Ingeniería y Arquitectura en el Renacimiento español*, Valladolid, 1990.

— *Patentes de invención españolas en el Siglo de Oro*, Madrid, 1990.

— *Del dios del fuego a la máquina de vapor. La introducción de la técnica en Hispanoamérica*, Valladolid, 1992.

— *Los veintiún libros de los ingenios y máquinas de Juanelo, atribuidos a Pedro Juan de Lastanosa*, Zaragoza, 1997.

— «Nuevos datos sobre el artificio de Juanelo», *Anales Toledanos*, 1987, vol. XXIV, pp. 141-159.

— «Some designs of Jerónimo de Ayanz. Related to Mining, Metallurgy and Steam Pumps», *History of Technology*, 14, 1992, pp. 135-150.

— «Les premières applications de la vapeur: le cas de Jerónimo de Ayanz», *Relations Science-Technique*, San Francisco, 1993, pp. 279-285.

— *Un inventor navarro. Jerónimo de Ayanz y Beaumont (1553-1613)*, Pamplona, 2001.

López Piñero, José María: *Ciencia y técnica en la sociedad española de los siglos XVI y XVII*, Barcelona, 1979.

— y otros: *Diccionario histórico de la ciencia moderna en España*, Barcelona, 1983.

Reti, Ladislao: «El artificio de Juanelo en Toledo: su historia y su técnica», *Provincia*, Toledo, 1967, pp. 3-46.

Vicente Maroto, M.ª Isabel, y Mariano Esteban Piñeiro: *Aspectos de la ciencia aplicada en España en el Siglo de Oro,* Salamanca, 1991 (reed. 2006).

VV. AA.: *Historia de la Técnica en España*, Madrid, 2001.

VV. AA.: *Historia de la Ciencia y de la Técnica en la Corona de Castilla*, Junta de Castilla y León, Valladolid, 2002.

Apuntes biográficos*

El presente mini-diccionario biográfico tiene por objeto principal satisfacer la curiosidad primera sobre un centenar de figuras renacentistas (en sentido laxo) mencionadas en el texto, básicamente con obra intelectual o material relevante en España o territorios de la Corona. En ningún caso ha de entenderse como una relación de «los más importantes», aunque todos lo sean en mayor o menor medida. Lo reducido de la muestra de personajes, así como los sesgos inherentes al proceso de selección, no permiten un análisis cuantitativo riguroso.

Con carácter meramente indicativo, redondeando deliberadamente los guarismos, se puede señalar que los súbditos de origen italiano (en su mayoría, ingenieros de fortificación bien documentados en los archivos de la administración regia) suponen una quinta parte del total, mientras que los de otras procedencias constituyen la décima, la mitad de ellos portugueses (pertenecientes, sobre todo, al ámbito de la cartografía y el arte de navegar), siendo así que algunos pasaron a trabajar para la Corona hispana en momentos en que Portugal no debía obediencia a la misma.

En una inmensa mayoría, los personajes reflejados fueron naturales de territorios de la Corona. No obstante, además de lo referido con respecto a los portugueses, hubo italianos que no se pueden encuadrar de este modo (por ejemplo, S. Caboto, nacido en Venecia) o alumbrados en «paises enemigos», como los franceses P. Vedel o G. Tuxarón, cabiendo resaltar que a pesar de la enemistad de las respectivas Coronas, la permeabilidad de los Pirineos fue tal que en 1577 se reconocía origen francés a la quinta parte de la población de Zaragoza.

Apuntar proporciones con respecto a los perfiles técnicos es incluso más delicado, entre otras razones por la indefinición entre profesiones propia de la época y por-

* En esta segunda edición se añaden catorce a los ciento dos personajes reflejados en la primera. Básicamente enraizados en las posesiones peninsulares de la Corona hispana, algunos de los comentarios que siguen, procedentes de la primera edición, en particular los relativos a la naturalidad de los súbditos, debieran modificarse ligeramente. No obstante, por estar las apreciaciones cuantificadas en órdenes de magnitud, y ser conscientes de que la adición está militarmente sesgada (hacia artilleros y marinos), no las hemos retocado sustantivamente en este texto.

que los que podrían reconocerse como mecánicos-ingenieros (o ingenieros-prácticos) están naturalmente infrarrepresentados, ya que de muchos no ha persistido rastro documental alguno, o las noticias biográficas disponibles son tan escasas que no se ha juzgado oportuno elaborar una entrada. Por otro lado, bastantes tuvieron perfiles mixtos, a veces dentro de los aquí contemplados (cartógrafo y navegante, ingeniero y arquitecto, ingeniero y artillero, etc.) y en otros casos con profesiones técnicas al margen (médicos y jurisconsultos, en particular). Un cuarto del centenar pertenece al mundo de la navegación: sobre todo, cosmógrafos o cartógrafos; menos, como navegantes. Un quinto de los recogidos ejerció funciones de ingeniero de fortificación. Los ingenieros-artistas (arquitectos incluidos) y los ingenieros-científicos, representan algo menos de un séptimo y un octavo, respectivamente. Por último, los mecánicos-ingenieros e inventores, mineros-metalurgistas y artilleros vienen a suponer un décimo cada grupo.

También es significativo que uno de cada diez de los biografiados sea noble, aunque en muy distintos grados, y que otros tantos sean religiosos (un tercio, frailes; el resto, clérigos).

Aproximadamente la mitad de los personajes esbozados se puede consultar en la importante compilación coordinada por J. M. López Piñero y colaboradores, *Diccionario histórico de la ciencia moderna en España* (Ed. Península, Barcelona, 1983), donde se introducen más de ochocientas figuras, correspondientes «a las llamadas ciencias exactas, de la naturaleza y sus aplicaciones», desde la época de los Reyes Católicos hasta la Guerra Civil (1936-39). Los personajes que aquí se reseñan y no están incluidos en el mencionado *Diccionario histórico* corresponden en general a ingenieros de fortificación y artilleros, arquitectos (básicamente, «águilas» y tratadistas o traductores de tratados) o ingenieros mecánicos-inventores. En un futuro próximo, el *Gran Diccionario Biográfico Hispánico,* promovido y coordinado por la Real Academia de la Historia, recogerá del orden de 40.000 biografías, entre las que se contará un número significativo de figuras relevantes en la historia de nuestro país, en arte, técnica y ciencia.

La literatura técnica de la época comprende textos impresos, así como una gran cantidad de manuscritos, algunos de enorme valor, como el de *Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas*. Bastantes de estos últimos no llegaron a ver las prensas debido a sus costes de producción, bien porque fuese necesario integrar muchas ilustraciones (¡506 en el caso de *Los Veintiún Libros*!), bien por lo reducido del mercado potencial o bien por la denegación del necesario privilegio real de impresión, argumentándose razones de sigilo. No obstante, entre los primeros impresos de carácter técnico escritos por los personajes relacionados se cuentan la *Obra de Agricultura* (Alcalá, 1513) de Gabriel Alonso de Herrera y la *Suma de Geographia que trata de todas las partidas del mundo: en especial de las Indias. Y trata largamente del arte de marear: juntamente con la Esfera en romance: con el Regimiento del sol y del Norte: Nuevamente hecha* (Sevilla, 1519) de Martín Fernández de Enciso. La obra más tardía entre las aludidas es el *Arte de los Metales* de Álvaro Alonso Barba

(Madrid, 1640), que recoge desarrollos fundamentales de la metalurgia en el tardorrenacimiento y primer barroco. En cualquier caso, el número de textos de carácter técnico reflejados en los apuntes biográficos de las figuras presentadas se acerca al centenar, entre los que se cuentan algunas de las principales contribuciones de la época. Sorprende por ello que, tratándose de un periodo en que el castellano se consolida como lengua científico-técnica del más poderoso Estado Moderno renacentista, solo siete sean citados como «autoridades» por la Real Academia Española en su monumental *Diccionario de Autoridades.* Según se desprende de la «Explicación de las abreviaturas de los nombres de los autores y obras» que se declaran en los seis tomos, estos autores son: Juan de Arfe y Villafañe, Diego García de Palacio, Gabriel Alonso de Herrera, Bernardino de Mendoza, Pedro de Medina, Nicolás Bautista Monardes y Juan López de Velasco, siendo así que los tres últimos lo son por obras que nada tienen que ver con la técnica e ingeniería.

El ámbito léxico correspondiente al arte de navegar y la construcción naval se cubren en el *Diccionario de Autoridades* con la *Instrucción náutica para el buen uso y regimiento de las naos, su traza y gobierno, conforme a la altura de México* (1587), de Diego García de Palacio, que presenta un importantísimo lexicón de unas quinientas voces náuticas, pero se ignoran impresos como el de Tomé Cano, con un vocabulario más reducido («Declaración de los Vocablos de esta fábrica» —de naos—, 1611), o libros de tanta trascendencia como los de Pedro de Medina —a quien se reconoce «autoridad», pero por dos textos no técnicos— y Martín Cortés, por ejemplo. Para el arte militar, artillería y fortificación los miembros de la Real Academia Española citaron la *Theorica y práctica de la Guerra* (1595), de Bernardino de Mendoza, de quien también se toman en cuenta sus *Comentarios sobre las Guerras de Flandes* (1567-77). Sin embargo se ignoran textos fundamentales como los de Luis Collado de Lebrija o Cristóbal de Rojas. Sobre minería y metalurgia solo se menciona el *Qvilatador de la plata, oro y piedras* (1572) de Juan de Arfe y Villafañe, llamando la atención la ausencia del *Arte de los metales* (1640) de Álvaro Alonso Barba; de Juan de Arfe es también el único texto referido que trata aspectos arquitectónicos, *De varia commensvracion para la escvlptura y architectura* (1585-1587). Puede sorprender que no se aluda a ninguna de las traducciones impresas de Vitruvio, Alberti, Serlio, Palladio o Vignola, en especial a la de Juan de Urrea del texto vitruviano (Alcalá, 1582), dado que se complementaba con un interesante «Vocabulario de términos obscuros y dificultosos» con más de trescientas entradas.

La agricultura se refleja a través de la mencionada *Obra de Agricultura* (1513) de Gabriel Alonso de Herrera, múltiples veces editada como *Agricultura General* con otros cinco tratados o textos (la *Agricultura de Jardines* de Gregorio de los Ríos, en particular). Finalmente, la obra pública civil, las máquinas o la instrumentación no tienen «autoridad» reconocida. Por contra, hay temas como la albeitería que se documentan a partir de muy diversos impresos de los siglos XVI a XVIII. Las «autoridades» sobre matemáticas, geometría en concreto, son posteriores al periodo aquí estudia-

do (Sebastián Fernández de Medrano, Jacobo Kresa, Thomás Vicente Tosca o Joseph de Zaragoza, por ejemplo). Por último, aunque contemplados como «autoridades» renacentistas, además de la mencionada «autoridad no náutica» de Pedro de Medina, a Nicolás Bautista Monardes no se le tiene en cuenta por su *Diálogo del hierro* (1574), en tanto que a Juan López de Velasco solo se le considera por su *Ortografía y Pronunciación Castellana* (1582).

En resumen, las «autoridades técnicas» no fueron consideradas propiamente «autoridades» por la Real Academia Española en su *opera prima*. Ello no debe sorprender, habida cuenta que el prólogo del primer volumen del *Diccionario de Autoridades* (1732) indica explícitamente (sec. 4) que «en este Diccionario se ponen generalmente todas las voces de la Lengua, estén o no en uso, con [solo] algunas pertenecientes a las Artes y Ciencias», siendo así que (sec. 8):

> de las voces propias pertenecientes à Artes liberales y mechánicas ha discurrido la Académia hacer un Diccionario separado, quando este se haya concluido: por cuya razón se ponen solo las que han parecido más comunes y precisas al uso, y que se podían echar [de] menos.

Posteriormente, el jesuita Esteban Terreros y Pando (1707-82), en labor unipersonal encomiable a la que declara haber dedicado más de sesenta mil horas de trabajo, quiso colmar esta laguna con su *Diccionario castellano con las voces de Ciencias y Artes* (Madrid, Viuda de Ibarra, 1786-1793). Expulsados los jesuitas de España, Terreros no llegó a ver impresa su magna obra, un diccionario general de la lengua, aunque con la adición de un enormemente significativo número de tecnicismos, tanto de artes liberales como mecánicas (de la Labranza, la Arquitectura, la Maquinaria, la Carpintería, los Tintes, la Sastrería...). Para ello, exhibiendo rasgos de un rigor y modernidad impresionantes, afirma en su prólogo que no solo

> acudía a las personas más sabias, [... sino que] me ha sido preciso ir de arte en arte y de facultativo en facultativo, informándome por mis ojos mismos, registrando las artes y viendo las operaciones y manejo de instrumentos, de modo que pudiese escribir con un conocimiento práctico.

En cualquier caso, la consideración de sus fuentes literarias escapa por completo a los objetivos de este comentario preliminar.

M. Silva

Autores de las notas biográficas:

Alicia Cámara Muñoz [ACM]	Pedro Mora Piris [PMP]
Jordi Cartañà i Pinén [JCP]	Julio Sánchez Gómez [JSG]
Jesús Criado Mainar [JCM]	Fernando Sáenz Ridruejo [FSR]
Mariano Esteban Piñeiro [MEP]	Manuel Silva Suárez [MSS]
Nicolás García Tapia [NGT]	M.ª Isabel Vicente Maroto [IVM]

Agustí, Miguel (Banyoles, Girona, 1560 – ?, 1630). Agrónomo. Fue prior del Temple en Perpinyà y miembro de la Orden del Hospital de San Juan de Jerusalén. En 1617 publicó en Barcelona un *Llibre dels secrets de Agricultura, casa rústica y pastoril*, compendio del saber agrícola del momento donde recogía sus observaciones personales, adquiridas en el cultivo de las tierras de su priorato. Distribuyó el contenido en tres apartados, recogiendo en el primero las técnicas de cultivo de cereales, legumbres, árboles frutales, hierbas medicinales y hortalizas. En el segundo libro trataba monográficamente del cultivo de la viña y las diferentes maneras de destilación y conservación de los frutos y el último apartado era un completo tratado de zootecnia de la época. En la segunda edición —primera en castellano—, publicada aun en vida del autor, se añadió un nuevo libro sobre caza. En total se han contabilizado veinte ediciones hasta 1781, todas en castellano excepto la primera, que se publicaron dos en Perpinyà (1617, 1626); tres en Zaragoza (1646, 1703, [s.a.]); cuatro en Madrid (1695, 1731, 1762, 1781) y once en Barcelona (6 en 1722, 2 [s.a.], 1749, 1762, 1770). La obra de Agustí tuvo una gran influencia en la agricultura mediterránea hasta bien entrado el siglo XIX, análoga a la que tuvo el tratado de Herrera en Castilla. [JCP]

Álava y Viamont, Diego de (Vitoria, 1557 – Valladolid, 1597). Jurista y artillero. Hidalgo, hijo de don Francés de Álaba, Capitán General de la Artillería y miembro del Consejo de Guerra. Estudió en Alcalá y Salamanca, donde se licenció en Leyes y estudió Matemáticas acudiendo a las clases de Jerónimo Muñoz. Ejerció su profesión de leyes en su ciudad natal y gozó de los privilegios de gentil hombre de la Casa del Rey. Su única contribución a la ciencia y a la técnica es su libro *El Perfeto Capitán, instruido en la disciplina Militar, y nueva ciencia de la Artillería,* publicado en 1590 pero escrito varios años antes. La obra consta de seis capítulos o libros en los que aborda diversas materias; en los cuatro primeros capítulos trata de la fundición, fabricación de pólvora y de las municiones, del uso de diversos instrumentos (el planisferio, el astrolabio y el cuadrante) para medir ángulos e incluye una tabla de «senos rectos». Los dos últimos libros están dedicados a la balística, recogiendo las ideas de la *Nova Scientia* de Tartaglia, aunque refutando los errores del autor italiano. [MEP]

Alonso de Herrera, Gabriel. Aunque este es su nombre correcto, normalmente se le refiere como Herrera (véase la entrada: Herrera, Gabriel Alonso de).

Antonelli, Battista (Gatteo, h. 1545 – Madrid, 1616). Ingeniero de fortificación. Hermano de Juan Bautista Antonelli, cabeza de una dinastía de ingenieros al servicio de la monarquía española, estuvo en el cerco de Famagusta. Se formó como ingeniero de fortificación con su hermano, pero sobre todo con Vespasiano Gonzaga, que «siendo más inteligente que ninguno en la fortificación, le dejaba libremente ejercer su oficio» y le dejó al cargo de obras emprendidas en Navarra, Cataluña, Orán y Valencia. En 1581 va a trazar los fuertes del estrecho de Magallanes. Junto con el Maestre de Campo don Juan de Tejada fue enviado en 1586 a poner en defensa los puertos del Caribe, plan aprobado en 1588, algunos de los cuales habían sufrido el ataque del corsario Drake. Fruto de esos años en tierras americanas fueron los proyectos para los fuertes de la entrada de la Bahía de La Habana, el Morro y la Punta, Portobelo en Panamá o la fortificación de Cartagena de Indias. Cristóbal de Roda, sobrino suyo, será el continuador en América de sus obras de fortificación. El trabajo de estos ingenieros en América a veces encontró la incomprensión del Ingeniero Mayor, Spannocchi, desconocedor de la nueva realidad geográfica sobre la que había que intervenir, pero cuyos dictámenes había que seguir. A su vuelta a España se ocupó tanto de las fortificaciones de Gibraltar como de Larache. [ACM]

Antonelli, Cristóbal (¿Gatteo?, h. 1549 – ?). Ingeniero de fortificación. Sobrino de Juan Bautista Antonelli. Llegó a España en 1564 y se formó con su tío. Trabajó en Mazalquivir —donde se quedó en 1575 por orden de Vespasiano Gonzaga—, Navarra y Cartagena. Desde 1578 se ocupó de las torres de los Alfaques de Tortosa y su tío pedía para él en 1581 la plaza de ingeniero en Perpiñán, que no consi-

guió, así como un aumento de sueldo. Mientras Bautista Antonelli estuvo en el Estrecho de Magallanes, Cristóbal se quedó al cargo de sus obras en el reino de Valencia. Su hermano Francisco (nacido en 1552 y venido a España en 1570), que también trabajó con su tío en la jornada de Portugal y en la navegación del Tajo, pedía en 1590 ser ayudante suyo en el reino de Valencia. Como ingeniero hidráulico, Cristóbal Antonelli hizo el pantano de Tibi en Alicante, que reconoció en 1587. Record de altura durante casi dos siglos, es una de las grandes obras de ingeniería del Renacimiento en España. [ACM]

Antonelli, Giovan Battista (Gatteo, 1531 – Toledo, 1588). Ingeniero y militar. Soldado al servicio de la monarquía española en los años cincuenta, conocería a su protector don Juan Manrique de Lara, Capitán General de Artillería, en las campañas de Flandes y Francia. En 1559 llega a España para ocuparse de fortificaciones. Destinado al reino de Valencia, traza la fortaleza de Bernia, además de ocuparse de Alicante, Peñíscola, y Cartagena. Son famosos sus enfrentamientos con Gonzaga en Orán y en la defensa del reino de Valencia. Enfrentado también al capitán Fratin en esas fortificaciones, dedica sus últimos años a poner en práctica su ambicioso proyecto de la navegación de los ríos de España, reflejado en su *Relación verdadera de la navegación de los rios de España*, siendo un éxito su navegación del Tajo, en el marco de las posibilidades que abría la incorporación de la corona portuguesa a la monarquía española. Es, por lo tanto, un excelente ingeniero hidráulico que, además, había sido el encargado por el duque de Alba de decidir sobre los caminos y traslado del ejército a Portugal. Su tratado *Epítomes de fortificación y artillería*, manuscrito del Museo de Ejército (1560-61), refleja la amplia formación de este ingeniero a su llegada a España, que escribió más tarde una serie de informes en los que la idea del imperio, subyacente en los proyectos de dominio del territorio de Felipe II, encuentra a uno de sus más cultos portavoces. [ACM]

Arfe y Villafañe, Juan de (León, 1535 – Madrid, 1603). Metalurgista-platero y tratadista. Hijo de Antonio de Arfe y nieto de Enrique de Arfe, es el miembro más notable de una dinastía de plateros de origen alemán que llena con su actividad todo el siglo XVI. Autor de piezas tan importantes como las custodias de asiento de las catedrales de Ávila, Valladolid y Sevilla, ocupa un puesto destacado en la tratadística española merced a la publicación de textos de carácter técnico –*Qvilatador de la plata, oro y piedras* (Valladolid, 1572)—, artístico –*Descripcion de la traça y ornato de la custodia de plata de la Santa Iglesia de Sevilla* (Sevilla, 1587)— y estrictamente teórico –*De varia commensvracion para la escvlptura y architectura* (Sevilla, 1585-1587)—. Es célebre la disputa que mantuvo con el gremio de plateros de Burgos al negarse a llevar el pendón de la cofradía en la procesión del Corpus del año 1593, tras aducir que su condición profesional no era la de platero, sino la de *escultor de oro y plata,* título con el que ya figura en la portada del *De varia commensvracion...* y que demuestra bien a las claras la alta consideración, casi de arte liberal, en que tenía su actividad. [JCM]

Ayanz y Beaumont, Jerónimo de (Guenduláin, 1553 – Madrid, 1613). Inventor, ingeniero, empresario, militar y artista polifacético. Perteneciente a la nobleza navarra, fue paje de Felipe II y luego militar, destacando en las campañas de La Goleta, Túnez, Italia, Flandes, Portugal, isla Terceira y La Coruña. Sus extraordinarias dotes de fuerza y valor fueron glosadas por Lope de Vega, quien le llamó el «Hércules español». Caballero de la orden de Calatrava y Comendador de Ballesteros y Abanilla, regidor perpetuo de Murcia y gobernador de Martos. En 1597 fue administrador de las minas del reino, lo que le llevó a proponer soluciones muy anticipadoras para la explotación de las minas de plata españolas y americanas, así como medidas económicas, técnicas y administrativas de una insólita modernidad. Entre las soluciones técnicas, figuran varias invenciones ensayadas con éxito en 1602 y patentadas en 1606. La descripción detallada y dibujos de medio centenar de ellas se encuentra en el privilegio otorgado por Felipe III, donde se incluyen, entre otras invenciones, equipos de buceo, máquinas de minería, de molinería, para regar y los ingenios de vapor, similares a los que un siglo después iniciarían la revolución industrial. [NGT]

Azaro de San Benito, fray Ambrosio Mariano (act. 1570-1585). Apodado el «ermitaño ingeniero». Según el testimonio de Santa Teresa, Azaro fue un napolitano que intervino como ingeniero militar en la batalla de San Quintín, y como teólogo secular en el concilio de Trento. Fue importante figura en la corte polaca y caballero de la Orden de Malta. Estuvo dos años en prisión acusado de un crimen del que, siendo inocente, no se quiso defender hasta que fue absuelto, perdonando a los falsos testigos que le acusaron e incluso entregando dinero para que no les condenaran. Se hizo ermitaño en Andalucía y luego entró en la orden de los carmelitas descalzos bajo la influencia de Santa Teresa a quien conoció en la casa de doña Leonor Mascareñas. Como ingeniero, trabajó a partir de 1570 para Felipe II sin salario, «por amor a Dios y al rey». Intervino en la discusión del trazado de la acequia de Colmenar; junto a Francisco de Montalbán en el proyecto del canal navegable de Jerez, donde hizo un detallado dibujo del mismo en 1581 y en los proyectos de traída de aguas a Valladolid en 1584. [NGT]

Barba, Álvaro Alonso (Lepe, 1569 – Sevilla, 1662). Metalurgista. Estudió en Sevilla, donde se ordenó sacerdote. Pasó a Indias entre 1604 y 1608 y desarrolló su actividad en la audiencia de Charcas (actual Bolivia). Combinó el trabajo sacerdotal con la minería y la experimentación metalúrgica, que le llevó a publicar en 1640 su única obra impresa, el *Arte de los metales, en que se enseña el verdadero beneficio de los de oro y plata por azogue, el modo de fundirlos todos y cómo se han de refinar y apartar unos de otros,* principal tratado de metalurgia desde Agrícola (1556) hasta fines del siglo XVIII. El clérigo onubense incluye una parte teórica de fondo alquímico y otra práctica en la que da cuenta de los procedimientos de extracción de plata que entonces se practicaban en América, tanto de fundición como de amalgamación, a las que añade un procedimiento de amalgamación en caliente —el practicado desde Bartolomé de Medina hasta entonces lo era en frío— de su propia invención. En los últimos años de su vida pidió autorización real para experimentar en las minas de su Andalucía natal sus conocimientos minerometalúrgicos. En 1658 llegó a España y realizó una ruta por diversos lugares mineros —entre ellos, las que después serían célebres minas de Riotinto, cerca de su pueblo de origen— de la que elevó un informe a la Corona. Falleció en el transcurso de su misión, cuando esperaba embarcar nuevamente para Indias. [JSG]

Barros, Cristóbal de (act. 2ª mitad siglo XVI- Sevilla, 1596). Arquitecto naval, fue artífice de la organización técnica de la escuadra hispana vencedora en Lepanto y de la Gran Armada. Felipe II le dio instrucciones (1563) para promocionar la construcción de buques en el Cantábrico. Escribió en 1569 un *Informe sobre la construcción naval en la cornisa cantábrica*. Superintendente de la fábrica de navíos y de conservación de bosques y plantíos (1574), interviene en el arqueo de las naos y en los empréstitos de la Corona para fomentar su construcción. En 1580, envió al Consejo de Indias una memoria con la descripción del procedimiento que se usaba para calcular el porte de los buques. En 1581, convocó una junta para recabar los pareceres de los mejores expertos en construcción de navíos, para definir las trazas, proporciones, medidas y fortaleza de los nuevos galeones reales que habían de construirse; finalmente se construyeron nueve en Guarnizo, entre 1582 y 1584. Felipe II encargó a Juan de Cardona, del Consejo de Guerra, la rehabilitación de la Gran Armada, enviándole a Santander, a donde retornó la mayoría de los barcos. Debían fabricarse doce galeones nuevos, seis de ellos según el modelo que acordasen Cristóbal de Barros y Agustín de Ojeda. Pero entre Cardona y Barros surgieron discrepancias, y fue apartado de su fábrica; seis se construyeron en Guarnizo, a cargo de Fernando de la Riva Herrera, mientras Agustín de Ojeda dirigió la construcción de los otros seis en Deusto. Nombrado fabricador mayor, en 1592 va a Sevilla como proveedor general de la flota de escolta de las Indias, permaneciendo hasta su muerte. [IVM]

Bazán, Álvaro de (1506-1558). Apodado «el viejo», fue marino, militar y constructor naval. En 1540 firmó un asiento con la Corona por el que tomaba a su cargo la guarda del mar de Poniente de España, desde Gibraltar hasta Fuenterrabía, para lo que aportaba dos galeazas, una ya dispuesta de

800 toneladas y otra de 1.200 que estaba terminándose en Bilbao, más dos galeones que arqueaban conjuntamente 1.300 toneladas. En 1549, se comprometió en unas capitulaciones a armar veinte galeazas para el trato con las Indias, lo que finalmente no prosperó, debido a diversas protestas. Consiguió una capitulación con el Emperador, en enero de 1550, concediéndole el privilegio de fabricar en exclusiva ese año unos gruesos galeones, que decía de nueva invención, grandes barcos de guerra destinados a la defensa del tráfico indiano. Bazán se encargó de la defensa de la costa, esperando el regreso de la Flota de Indias, salvo en 1557, que lo hizo el adelantado Pero Menéndez de Avilés con diez navíos cantábricos. [IVM]

Bazán, Álvaro de (Granada, 1526 – Lisboa, 1588). Marino, militar y constructor naval. Primer Marqués de Santa Cruz, fue caballero de la Orden de Santiago. Su abuelo, que sirvió en la guerra de Granada y su padre, apodado «el viejo», obtuvieron de la monarquía los señoríos del Viso del Puerto y de Santa Cruz de Múdela, que pasarían a Álvaro de Bazán. Hombre de confianza de Felipe II, llegó a ser Capitán general de la Mar Océana y Almirante. En 1560 fue nombrado general de la Armada guardacosta y, en la línea de su padre, propuso en 1562 la construcción de las primeras «fragatas», en realidad embarcaciones mixtas de remo y vela, con la misión de defensa preventiva. En 1568 se le nombró Capitán general de las galeras de Nápoles. Invicto, sus campañas más destacadas fueron la conquista de la isla de la Gomera; el socorro a la isla de Malta; la batalla de Lepanto (octubre de 1571); la ocupación de Lisboa (1580), haciendo valer los derechos de Felipe II al trono de Portugal; la batalla naval de la isla de San Miguel (Azores, 1582), y la ocupación de la isla Tercera, en el mismo archipiélago (1583), terminando con los últimos focos de resistencia del pretendiente Antonio de Ocrato. Murió en Lisboa, cuando realizaba los preparativos para la Gran Armada. Por sus méritos militares, Felipe II le concedió el título de Marqués de Santa Cruz, por ser señor de la Villa de Santa Cruz de Múdela. Está enterrado en el Viso del Marqués. El palacio renacentista que mandó construir es actualmente el Archivo General de la Marina Álvaro de Bazán. [IVM]

Bedel, Pierres. Véase Vedel.

Bono, José (act. 1570-1586). Militar e inventor. Natural de Palermo (Sicilia), estuvo en Florencia al servicio de Cosme de Medicis en calidad de «comisario general de todas las armas». En 1570 el Gran Duque de Toscana le concedió un privilegio por la invención de una campana de bucear destinada a la pesca de coral en el Tirreno. En 1581 vino a España, ofreciendo a Felipe II ciertas invenciones consideradas secreto militar en la república florentina. También trajo máquinas con las que ofreció dragar el Guadalquivir. Entre sus invenciones se encontraban ingenios para acuñar monedas, aparatos de destilación y hornillos de fundición. Destacaba una especie de volante de martillos articulados que se elevaban al girar regulando la velocidad de un molino, invención por la que obtuvo una patente en España en 1585. Otra creación suya es una campana de bucear modificada que intentó perfeccionar con varios ensayos en Sevilla y en Lisboa, aunque con ellos ocasionó la muerte de un buzo, al no renovarse el aire del interior de la campana. A pesar de ello, trató de explotar esta invención en América, para lo cual se nacionalizó español en 1583. Las últimas noticias suyas datan de 1586, en que estaba aún en España tramitando sus privilegios de invención. [NGT]

Boteller, Antonio. Metalurgista. Algunos estudiosos le han adjudicado origen valenciano y han fijado su nacimiento en los años 30 del siglo xvi. Pasó a Nueva España antes de 1555 y allí conoció el procedimiento de la amalgamación, según algunos por haber colaborado con Bartolomé de Medina y según otros como consecuencia de la rapidísima difusión que aquel tuvo en las minas novohispanas. Hacia 1558 fue llamado por el administrador de la mina andaluza de Guadalcanal para que aplicara la nueva fórmula de obtener plata, de la que, con manifiesto abuso, se presenta ante la Corte como inventor. En la mina española tuvo graves dificultades, según él porque solo se le habían

entregado escorias sin contenido argentífero. El procedimiento que ensayó aquí Boteller ofrecía algunas variantes sobre el que inauguró Medina, ya que empleaba vinagre, un ingrediente que aparece en la descripción europea de Vanoccio Biringuccio como utilizado en Italia. Boteller fue el primero del que consta que aplicó la nueva amalgamación americana en territorio europeo. Falleció en Guadalcanal en 1566. [JSG]

Brochero de la Paz y Anaya, Diego (Salamanca, h.1550-Madrid, 1625). Marino militar y arquitecto naval. Llegó a superintendente de las armadas reales y miembro del Consejo de Guerra. En 1570, la galera de Malta en la que navegaba fue apresada por los turcos en la costa de Sicilia. Condenado a bogar en una turca, liberado con la ayuda del gran Prior de Malta, construyó un galeón con el que se dedicó a la guerra del corso. A su vuelta a España, sirvió en las escuadras de Nápoles y Sicilia. Tomó parte en numerosas batallas, y en 1596 consiguió evitar que la fuerza de lord Howard desembarcara en Lisboa, por lo que se dirigió a Cádiz, saqueándola. Brochero participó en el intento de invasión de Irlanda por el Papa (apoyado por España) y en el enfrentamiento del cabo de San Vicente, donde derrotó a una escuadra anglo-holandesa, liberando a la flota de Indias. Como Almirante General impulsó la redacción de las *Ordenanzas para las armadas del mar Océano y de las flotas de Indias* de 1607, 1613 y 1618, tratando de perfeccionar la construcción naval. A sus órdenes sirvió, entre 1590-1595, Pedro de Zubiaur, o Zubiaurre, un excelente y experimentado marino vasco, que fue muy crítico con algunas de las decisiones del Almirante. En 1625 ostenta el cargo de Gran Prior de la Orden de San Juan, contando con el apoyo del conde-duque de Olivares. Propuso unificar los mandos de tierra y mar, elevando a los marineros al mismo rango que tenían los soldados. Brochero expuso sus ideas de cómo remediar los males que aquejaban a la marina española en su *Discurso sobre la Marina*. [IVM]

Caboto, Sebastián (Venecia, 1474 – Inglaterra, h. 1557). Explorador y cartógrafo. Estuvo al servicio de los reyes de Inglaterra y España. En 1479 exploró con su padre (Juan Caboto) y sus hermanos la costa de Nueva Escocia, comisionado por Enrique VIII. Parece probado que viajó en 1509, intentando encontrar un paso para el Oriente, por el noroeste. En 1512 entró al servicio de Fernando el Católico como capitán de la Armada y en 1518 fue nombrado piloto mayor de la Casa de la Contratación de Sevilla. En 1524 formó parte de la Junta que discutió los problemas relacionados con el Tratado de Tordesillas. En 1526-1530 exploró la costa de Brasil y de los ríos de la Plata y Paraguay. Cuando volvió a España fue castigado por el cambio de ruta y desterrado al desierto en Orán, siendo rehabilitado tres años más tarde. En 1533 Carlos V le encargó un mapa, y más tarde realizó el más famoso, un mapamundi, del cual existe una copia en la Biblioteca Nacional de París, que se convirtió en el modelo de muchos otros hacia el final de la centuria. Su carrera en España, donde fue considerado un buen cartógrafo pero mal administrador, terminó con una agria disputa con Alonso de Santa Cruz, que le negó el permiso para consultar el Padrón Real, por discrepancias entre este y el mapa de Caboto. En 1548 volvió a Inglaterra y entró al servicio de Eduardo VI. [IVM]

Calvi, Giovan Battista (Caravaggio, h. 1525 – Perpiñán, 1565). Ingeniero de fortificación. Fue el primero en dar un plan global de defensa de la Península Ibérica, las Baleares y el norte de África. Formado en Roma con Antonio da Sangallo *el Joven*, trabajó con él tanto en el palacio Farnesio como en las fortalezas de esa noble familia, sobre todo en la ciudadela de Piacenza. Esa fortificación y la de Siena le convirtieron en el mejor experto para los intereses del futuro Felipe II. Llegado a España en 1552, proyectó la fortificación de Rosas, el baluarte de las atarazanas de Barcelona, obras en Perpiñán, las fortificaciones de las islas Baleares, de Cádiz, Mazalquivir, y otras muchas de las que dio informes y trazas. Las puertas que trazó en las fortificaciones —Rosas, Perpiñán, Barcelona, y la puerta de las Granadas de la Alhambra— le muestran como un arquitecto conocedor de los lenguajes más avanzados de su tiempo en Italia, así como un experto en Antigüedad clásica. Enfermo durante casi toda su

vida en España, no por ello dejó de viajar y de informar sobre la defensa de las fronteras. Fue muy estimado por Felipe II. Su cargo y su sueldo lo heredará Jacome Palearo Fratin. [ACM]

Cano, Tomé (Garachico, Tenerife, h. 1545 – Sevilla, post. 1618). Navegante y tratadista de arquitectura naval. Su padre y su tío fueron pilotos en Canarias y con ellos se instruyó, superando el examen de piloto de la carrera de Indias hacia 1569. Realizó numerosos viajes al Nuevo Continente y desde 1583 fue propietario de embarcaciones de las flotas de Indias. Alcanzó un notable prestigio, realizando numerosos informes a petición del Consejo de Indias y de la Casa de la Contratación de Sevilla. El último fue un «parecer» acerca del viaje que preparaban los hermanos García Nodal a los estrechos de Magallanes y San Vicente, en 1618. Autor de *Arte para fabricar, fortificar y aparejar naos* (Sevilla, 1611), obra pedagógica, nacida de su preocupación por la crisis naval y la competencia extranjera. En ese momento, Cano era diputado de la Universidad de Mareantes y vecino de Sevilla, según consta en las aprobaciones de la obra, y había navegado al menos cincuenta y tres años, en los que realizó veintinueve viajes a Indias, y hacía ya cuarenta que era piloto aprobado. Pero aunque era propietario de navíos, no parece que hubiera construido ninguno. [IVM]

Carduchi, Luis (Madrid, h. 1590 – Madrid, 1657). Matemático e ingeniero. Sobrino de los pintores Bartolomé y Vicente Carduchi. Posiblemente se formara con Julio César Firrufino en la Cátedra de Matemáticas y Fortificación del Consejo de Guerra. Al servicio de este Real Consejo durante toda su vida, participó en la elaboración de proyectos sobre la navegabilidad de algunos ríos españoles. Redactó una *Memoria... de hacer navegable el río Tajo desde Aranjuez hasta el Atlántico* (manuscrito, Academia de la Historia), en la que se incluye una *Corografía del río Tajo,* publicada en 1829. En 1650 solicitó la Cátedra de Matemáticas y Fortificación, vacante por enfermedad de Firrufino, que le fue concedida. Parece ser que escribió una docena de textos de matemáticas e ingeniería, pero únicamente se conocen los dos que publicó: *Cómo se deben medir las jurisdicciones y demás tierras; sus dificultades y con qué instrumentos,* aparecida en 1634, y *Elementos geométricos de Euclides, filósofo megarense. Sus seys primeros libros,* en 1637. Esta obra es la segunda versión castellana impresa de los *Elementos* de Euclides (la primera debida a Rodrigo Zamorano es de 1576). Es el primer texto impreso en español que recoge la existencia de logaritmos. [MEP]

Casale, fray Giovanni Vicenzo (Florencia, 1539 – Coimbra, 1593). Escultor e ingeniero de fortificación. Fraile de la orden de los servitas, sus primeras obras como escultor son de carácter religioso, siendo también restaurador de esculturas antiguas. Sus años en Roma, ya como arquitecto, le pusieron en contacto con el cardenal Granvela, quien se lo llevaría a Nápoles, donde fue ingeniero entre 1574 y 1586 trabajando en obras de arquitectura pública, como las caballerizas de los virreyes, canales y proyectos de navegación, así como decoración en iglesias. Proyectó un muelle para el puerto de Nápoles e intervino en las obras del fuerte de San Telmo. En 1586 se trasladó a Madrid y en la corte hizo proyectos para la nobleza, como la reforma del castillo de Villaviciosa de Odón. En 1589 fue enviado a ocuparse de las fortificaciones de Portugal, entre las que hay que destacar la fortaleza circular de Cabeza Seca, en la que se planteó una interesante polémica entre el fraile y Spannocchi. Hizo proyectos para la cartuja de Évora. Su sobrino Alessandro Massai heredó sus dibujos, entre otros el álbum que se conserva en la Biblioteca Nacional de Madrid, una colección en la que se plasma el interés del florentino por las grandes obras romanas, además de incluir proyectos propios de arquitectura. [ACM]

Castillo, Hernando del. Junto a Sandoval de Espinosa, es considerado autor de uno de los primeros tratados de artillería del siglo XVI. Su obra, de 1560, titulada *Libro muy curioso y utilísimo de artillería*, constituye una cita obligada por ser cronológica y temáticamente un exponente perfecto de los tratados de artillería de la época. Dedica espacio en el texto a aspectos tan variados como las formas de descrestar o las técnicas para batir las murallas. [PMP]

Cedillo Díaz, Juan (Toledo, h. 1560 – Madrid, 1625). Matemático, ingeniero y astrónomo, fue clérigo secular. Formó parte de la Comisión que aprobó en 1598 la Reforma de los Instrumentos y del Padrón Real de García de Céspedes y en ese año se le encargó que leyera la «teoría de los senos» en la Academia Real Mathematica. Intervino en la fortificación de Cádiz y Gibraltar, y en 1610 formó parte de la Junta que debía examinar el método de la Aguja Fija ideado para determinar la longitud. En 1611 sucedió a García de Céspedes como Cosmógrafo Mayor del Consejo de Indias y Catedrático de Matemáticas y Cosmografía de la Academia Real, oficios que mantuvo hasta su muerte. Escribió numerosos tratados, la mayoría sobre temas astronómicos y geográficos (como el *Tratado de la carta de marear geométricamente demostrada,* de 1616, y las *Teóricas nuevas de los Planetas por Georgio Purbachio*), junto a matemáticos (como *Sciencias matemáticas por qué tomaron este nombre?*) y otros dedicados a instrumentos (como *De la calamita, brújula y del nordestear y noroestear de las agujas*, *Del corobates ó libela,* o *Del trinormo).* Tradujo al castellano algunas de las obras científicas más importantes de su tiempo, como el *Tratado de Artillería* de Tartaglia, el *Tratado del flujo y reflujo del mar* de Galileo, el *Arte de Navegar* de Pedro Núñez y principalmente, el *De Revolutionibus orbium Caelestium* de Copérnico. [MEP]

Chaves, Alonso de (Trujillo, Cáceres, h. 1493 – Sevilla, 1587). Cosmógrafo y cartógrafo. Fue nombrado maestro de hacer cartas e instrumentos para la navegación en la Casa de la Contratación en 1528. En 1545 escribió un *Parecer sobre lo errados que estaban los instrumentos construidos por Diego Gutiérrez y sus dos hijos*, en el que indicaba la conveniencia de que en la institución sevillana hubiese un maestro de cosmografía y arte de navegar. El 11 de julio de 1552 sucedió a Sebastián Caboto en el cargo de piloto mayor, manteniendo su puesto hasta 1586, por lo que Alonso de Chaves trabajó para la Casa de la Contratación sevillana durante 63 años. Su hijo Jerónimo ocupó la primera cátedra de cosmografía y del arte de navegar, creada en 1552. Dejó manuscritas dos importantes obras, la *Relación de la orden que observaba en el examen y admisión de pilotos y maestros de las Indias en Sevilla* y la más conocida *Quatri Partitu en Cosmografía prática i por otro nombre Espejo de Navegantes*, dedicada a Carlos V, escrita hacia 1536 pero que no llegó a publicarse; el manuscrito se guarda en la Academia de la Historia. Se encargó de vigilar la confección del Padrón Real y de examinar a los pilotos de la Carrera de Indias. [IVM]

Chaves, Jerónimo de (Sevilla, 1523-1574). Matemático, cosmógrafo y cartógrafo. Hijo de Alonso de Chaves, disfrutó del ambiente científico-técnico de la Casa de la Contratación. Su primer libro (Sevilla, 1545) fue una traducción del *Tractatus de Sphera Mundi* de Juan de Sacrobosco, que completó con «muchas figuras, tablas [astronómicas] y claras demostraciones, juntamente con unos breves escolios». Se distingue por su enfoque práctico, con múltiples *addendas* técnicas. Su obra más conocida es la *Chronografía o Reportorio de los Tiempos* (Sevilla, 1548; quince ediciones en el siglo XVI). Entre otros temas, trata sobre el tiempo y su transcurso, explica el universo desde una concepción ptolemaica, dando referencia de ciudades del Nuevo Mundo por su longitud y latitud, y aborda cuestiones de meteorología. Fue el primer titular de la Cátedra del Arte de Navegar y de Cosmografía de la Casa de la Contratación (1552), particularmente dedicada a la formación de pilotos. Contribuyó al *Teatrum Orbis Terrarum* de Abraham Ortelius, donde publicó tres mapas: *Hispalensis/Conventvs/Delineatio* (1579); *America Meridionalis* (1580), evolución en las cartas planas que tiene en cuenta la reducción de los paralelos con la latitud; y *La Florida* (1584). [MSS]

Collado de Lebrija, Luis. Ingeniero militar y artillero. Escritor oriundo de Lebrija, Sevilla, llegó a ser «ingeniero del Real ejército de Lombardía y Piamonte». Editó en Venecia, en 1586, un texto en italiano, *Platica manuale de artigleria*, que consiguió escasa difusión. Poco después, en 1592 publicó, bastante ampliado, su más completo tratado artillero: *Plática Manual de Artillería en la qual tracta de la excelencia de el Arte Militar y orígen de ella...* Editado en Milán por Pablo Gotardo Poncio,

estampador de la Real Cámara. Dedicó a Felipe II su obra, emblemática en muchos aspectos, puede considerarse el primer tratado sobre artillería. No solo aborda los temas sobre el transporte e instalación de piezas, o relativos a la balística (donde sigue a Tartaglia, pero aporta su experiencia), sino que estudia también la fundición y construcción de cañones. [PMP]

Contreras, Pedro de. Minero y metalurgista andaluz de la segunda mitad del siglo XVI, nacido en Sanlúcar de Barrameda y que vivió en Perú. Tras la introducción en la metalurgia de la plata americana del procedimiento de amalgamación por medio del mercurio, la demanda de este en América se dispara y debe importarse desde Almadén, lo que encarecía enormemente el producto y dificultaba el abastecimiento. Pronto comenzó la búsqueda de yacimientos en América, que solo alcanzó el éxito en Perú, con el descubrimiento, con auxilio indígena, de las primeras minas de mercurio del continente por Pedro de Contreras y Enrique Garcés. Si bien no resultaron muy ricas, pronto aparecieron las de Huancavelica, que serían la fuente de abastecimiento de Sudamérica durante más de dos siglos; Contreras realizó las pruebas que dictaminaron que eran de elevada riqueza. Fue uno de sus arrendatarios y tuvo ocasión de introducir en ellas los hornos que entonces se utilizaban en Almadén, las «jabecas», a las que el sanluqueño aporta importantes innovaciones, tanto en el tamaño como en la forma. [JSG]

Córdoba, Juan de. Metalurgista de la segunda mitad del siglo XVI, murió después de 1604. Conocido por ser el primero que llevó el procedimiento de amalgamación de la plata a la minería de la Europa Central. En 1588 ofrecía a la corte imperial de Viena extraer por medio del mercurio la plata de cualquier compuesto a poco coste y en un espacio de ocho a diez días. Realizó experimentos en Viena y en la mina de Kutenberg (Bohemia), aunque estos últimos resultaron fallidos, seguramente a causa de la diferencia de sus minerales con los trabajados por él y de las bajas temperaturas. El informe negativo de Lazarus Ecker, el más importante metalurgista germano, decidió a la Cámara Imperial a rechazar la amalgamación en sus dominios, que no se introducirá hasta fines del siglo XVIII. Córdoba había trabajado minas en Indias, donde había introducido mejoras en el procedimiento de amalgamación. A su retorno a la Península invirtió parte del capital acumulado en ultramar en explotaciones mineras. En 1604 fue nombrado Administrador General de Minas de Castilla. Al final de sus días ofrecía al Consejo de Indias un procedimiento propio para tratar los minerales denominados «negrillos», que constituían un auténtico quebradero de cabeza en la mina de Potosí; pero las Cortes se opusieron a que pasara a Perú para aplicarlo, por considerar que era el más notable experto minero del reino y que sus conocimientos eran necesarios en la metrópoli. [JSG]

Cortés de Albacar, Martín. Cosmógrafo. En su *Breve Compendio de la Sphera y del arte de navegar* (Sevilla, 1551), se declara «natural de Bujaraloz en el reino de Aragón y de presente vecino de la ciudad de Cádiz». De cuna infanzona, hace patente su noble condición social reproduciendo las armas familiares. A parte de eso, poco se sabe de su vida. Parece ser que nació a comienzos de la centuria y estudió en Zaragoza y Valencia. Debió de llegar a Cádiz hacia 1530, y murió antes de 1582, aunque se desconoce dónde. Hombre de su tiempo, representa una mentalidad en transición y exhibe una amplia cultura humanística. No hay constancia de su vinculación a ninguna empresa exploradora o mercantil de alcance. Su tratado, escrito en castellano en 1545 «en estilo llano» y con elegante prosa, enfatiza la descripción y construcción de instrumentos náuticos. Trabajando en el entorno de la Casa de la Contratación, formula por primera vez la existencia de un polo magnético, próximo, pero diferenciado del geográfico. Reimpreso en 1556, el *Breve Compendio* fue traducido al inglés por Richard Eden en 1561. Editado nueve veces en Inglaterra hasta 1630, en palabras de D. W. Waters, «es probablemente adecuado decir que el de Cortés fue uno de los más decisivos libros impresos en inglés. Contenía la llave para el dominio del mar». [MSS]

Cosa, Juan de la (Santander, segunda mitad del s. xv – Cartagena de Indias, 1510). Navegante y cartógrafo. Acompañó a Colón en sus dos primeros viajes, en el primero como patrón de la Santa María, que encalló en la costa norte de La Española, y debió de ser con el Almirante con quien De la Cosa adquirió sus conocimientos náuticos y cartográficos. Hacia 1498 era ya considerado como uno de los pilotos más expertos de las Indias Occidentales, y al romperse el monopolio de Colón sobre la navegación al Nuevo Mundo, sus servicios fueron muy solicitados. Entre 1503 y 1509 trabajó como cosmógrafo en la Casa de la Contratación de Sevilla. Participó como piloto en las expediciones de Alonso de Ojeda, muriendo cerca de Cartagena de Indias, Colombia, en una batalla con los indios. Es famoso por una espléndida carta, un mapa-mundi sobre pergamino fechado en el Puerto de Santa María en 1500, muy representativo porque marca la transición de la cartografía mallorquina a la sevillana y por ser la primera representación de América que se conserva, en la que recoge todos los descubrimientos anteriores. La carta fue descubierta e impresa por Alexander von Humboldt en el siglo xix. Es una buena muestra de lo que debió ser el Padrón Real, y se conserva en el Museo Naval de Madrid. [IVM]

Covarrubias, Alonso (Torrijos, 1488 – Toledo, 1570). Arquitecto. Se formó en Toledo con Enrique Egas y en los primeros momentos actuó con frecuencia como entallador. Su nombramiento en 1534 como maestro mayor de la catedral primada y de la archidiócesis toledana marca un punto de inflexión hacia sus realizaciones de mayor interés. Estas principian con el innovador hospital de San Juan Bautista o de Tavera de Toledo, que trazó en 1541 sobre fuentes vitruvianas y en el que trabajó hasta 1550. También intervino en la fachada principal y la escalera del Alcázar de Toledo (1543-1569), y trazó en 1546 la frustrada reconstrucción del monasterio jerónimo de San Juan de los Reyes de Valencia. Entre las contribuciones genuinas de Alonso Covarrubias sobresale la nueva tipología hispana de escalera imperial, de amplia repercusión posterior. Su carrera ofrece un notable ejemplo de superación de los usos constructivos tradicionales para abrazar el lenguaje renacentista merced a un esfuerzo continuado por actualizar las fuentes de su estilo a partir del estudio de la obra de colegas más avanzados y de la literatura artística. [JCM]

Díaz de Solís, Juan (¿Lebrija, Sevilla?, segunda mitad del s. xv – Río de la Plata, 1516). Navegante, explorador y cartógrafo. En 1508 se le encomendó la misión, junto con Vicente Yáñez Pinzón, de buscar un paso al mar Índico en las costas de poniente del Caribe. Partieron de Sanlúcar de Barrameda el 29 de junio de 1508 y llegaron al golfo de Honduras el 25 de diciembre. Aunque el paso no existía, de su viaje trajeron valiosa información del litoral comprendido entre las islas Guanajas, golfo de Honduras, y un tramo de la costa norte del Yucatán. Díaz de Solís ocupó el cargo de piloto mayor de la Casa de la Contratación entre 1512 y 1516. Se le ordenó la tarea de elaborar un nuevo padrón real, con la ayuda de Juan Vespucio, trabajo que debieron de terminar en 1514. Al año siguiente, Díaz de Solís partió hacia el extremo meridional de la costa brasileña, para acceder a Castilla del Oro y explorar las costas del mar del Sur; pero su muerte en el Río de la Plata dejó sin acabar el viaje, y a la Casa de la Contratación solo llegaron los datos que trajo el piloto Francisco de Torres, sucesor en el mando de la expedición, suficientes para esbozar el trazado de la costa de Brasil, desde el cabo de San Agustín hasta los 35° de latitud sur, y para que Nuño García de Toreno elaborase las cartas con destino a la expedición de Magallanes. [IVM]

Escalante de Mendoza, Juan (Valle de Riva de Deva, Santander, h. 1530 – Nombre de Dios, Méjico, 1596). Navegante y cartógrafo. Vivió en Sevilla desde muy joven. Hacia 1575 escribió su *Itinerario de navegación a los mares y tierras occidentales* en forma de diálogo. Navegó muchos años en la flota de la Carrera de Indias, primero con su tío, el capitán Álvaro de Colombres, y después en barcos de su propiedad. Llegó a ser capitán general de la Flota de Nueva España en 1595, en cuyo empleo falleció al año siguiente. Casó con Juana Salgado, hija de un juez de la casa de la

Contratación que le animó a escribir su libro. A pesar de habérselo dedicado a Felipe II y de los informes presentados ante el Consejo de Indias de varios de los mejores cosmógrafos y pilotos de la época, no consiguió licencia para imprimirlo, para evitar que los extranjeros pudieran aprovecharse de su contenido, especialmente de las derrotas a las Indias. Pero su trabajo le valió el título de regidor municipal de Sevilla y una renta de 500 ducados impuesta contra los beneficios reales de Nueva España. [IVM]

Escrivá, Pedro Luis (Valencia, ? – ¿Nápoles?, 1538). Militar e ingeniero del emperador en el reino de Nápoles. El comendador Escrivá, Caballero de la Orden de San Juan de Jerusalén, es el autor del primer «tratado» español de arquitectura militar, en tanto que intento de codificar la propia experiencia. Su *Apologia en escusation y favor de las fabricas del Reyno de Nápoles* (1538) constituye un punto de partida para la tratadística del siglo XVI pese a permanecer manuscrito hasta el siglo XIX. Muchos de los principios allí expresados serán recurrentes en la arquitectura militar del Renacimiento. Da las claves para entender tanto el castillo de san Telmo en Nápoles, trazado a base de tijeras dominando la ciudad, como la cuadrangular fortaleza de l'Aquila, geométricamente perfecta y abaluartada, en la que las lecciones de la arquitectura bramantesca se funden con la funcionalidad de una máquina de guerra. Ambas marcan la clave para entender el devenir de la arquitectura militar del siglo XVI. Dejó la obra *Veneris Tribunal* (1537), dedicada a Francesco Maria della Rovere, que muestra la cultura anticuaria en la órbita del neoplatonismo de este militar, que encarnó la figura del guerrero humanista tan alabada en el Renacimiento. A partir de su *Apología* se pierde su pista, cuando, como escribe, llevaba ya treinta años en esa profesión. No creemos que sea el mismo Luis Escrivá que trabaja en los años sesenta en el reino de Valencia y en la Goleta. [ACM]

Esquivel, Pedro (Alcalá de Henares, h. 1510 – Madrid, 1573). Matemático, ingeniero, astrólogo y cartógrafo. Clérigo, fue catedrático de Matemáticas en Alcalá. En 1552 fue consultado sobre las obras de la Acequia Imperial de Aragón. A propuesta de Esquivel, el príncipe Felipe aceptó a su ayudante Jerónimo Quijano como responsable de ellas. En 1554 asistió a una Junta de expertos sobre la determinación de la longitud geográfica. En 1559 Felipe II le nombró capellán y Matemático de Palacio. En 1565 elaboró Esquivel un proyecto para construir una acequia que uniera el Jarama con el Manzanares; el canal fue construido tras su muerte y aún hoy funciona. El rey le encargó en 1566 elaborar la descripción topográfica de España. Esquivel recorrió durante seis años la Península empleando, por segunda vez en la historia, el método de la triangulación geodésica y utilizando unos instrumentos topográficos más grandes y precisos de los hasta entonces empleados. La muerte le impidió terminar el encargo pero sus papeles fueron utilizados por otros matemáticos reales como López de Velasco y Lavaña. El Maestro Esquivel cultivó la astrología, conservándose en la Biblioteca Nacional un *Pronóstico general de todos los años, como serán conforme a cosas naturales,* el único de sus escritos conservado. [MEP]

Faleiro, Francisco (Covilhã, Portugal, act. primera mitad del s. XVI). Navegante. Vino a España con la intención de tomar parte en la expedición que Magallanes estaba organizando para dar la vuelta al mundo al servicio del rey de España. Pero decidió quedarse en Sevilla, trabajando a partir de 1519 como cosmógrafo al servicio de la Corona de Castilla. Colaboró en las revisiones del Padrón Real de 1536 y 1553, y participó en las Juntas formadas para determinar demarcación entre los dominios españoles y portugueses en el Pacífico. Su *Tratado del Esphera y del Arte de Marear* (Sevilla, 1535) fue aprobado por Juan de Salaya, protomédico y catedrático de astrología de la Universidad de Salamanca, y es el primero de una serie de tratados de navegación editados alrededor del ambiente de la Casa de la Contratación. En él presenta cuatro procesos para la determinación de la declinación magnética por observaciones solares, pues como su hermano, pensaba que podría llegarse a calcular la longitud de un lugar a partir de dichas determinaciones. [IVM]

Fanegas, Jaime (act. 1544-1574). Carpintero e ingeniero. La figura profesional de este conspicuo personaje sigue, en buena medida, sin definir a pesar de los esfuerzos efectuados en los últimos años y de la amplia información que transmite el listado de su biblioteca. Tan solo se han logrado localizar evidencias sobre el tramo final de su carrera, desarrollado en la Ciudad del Ebro, en el que alternó cometidos de ingeniería hidráulica —en particular, la construcción de puentes lígneos (sobre el Cinca, en Monzón, 1560, por ejemplo) e ingenios para el riego (norias de Alfocea, 1551, y Zaragoza, 1556)— con encargos que cabría clasificar dentro de la carpintería de armar tales como los aleros del palacio de Miguel Donlope (1545-1547) y del palacio de la Diputación del Reino de Aragón (1548) —desaparecido—, ambos en Zaragoza. El inventario *post mortem* de sus bienes demuestra que atesoró una notable colección de libros de eminente carácter profesional entre los que cabe subrayar títulos de teoría arquitectónica (Vitruvio, Alberti, Serlio y Cataneo) y perspectiva —Cousins—, pero en el que también están representados autores como Vegecio, Agrícola, Biringuccio o Julio César, muy útiles para el ejercicio de su práctica laboral. Crecidas excepcionales en el Ebro destrozaron en 1569 el puente de tablas de Zaragoza que construía a su costa, y que fue transformado en 1571 en puente de barcas. Murió arruinado, en Zaragoza, en 1574. [JCM]

Fernández de Enciso, Martín (¿Sevilla?, h. 1469 – h. 1530). Navegante y geógrafo. Estudió letras en la universidad hispalense. Se trasladó a las Indias y en 1508 comenzó a ejercer de letrado en Santo Domingo. Financió la expedición de Ojeda a Tierra Firme (1509). En el Darién fundó la ciudad de Santa María la Antigua. Núñez de Balboa, que no quiso reconocer la autoridad de Enciso, lo encarceló. Regresó a España en 1511 y obtuvo la justicia del rey. En 1526 firmó en Granada un contrato para descubrir las tierras de Costa Firme más allá del cabo de la Vela, y figura como tercer gobernador de Venezuela; a partir de entonces se pierde el rastro de su vida. Autor de *Suma de Geographia que trata de todas las partidas del mundo: en especial de las Indias. Y trata largamente del arte de marear: juntamente con la Esfera en romance: con el Regimiento del sol y del Norte: Nuevamente hecha* (Sevilla, 1519), primer tratado español sobre navegación y primera obra geográfica general que abarcó la descripción del Viejo y del Nuevo Mundo. Ofrece una detallada descripción de las costas americanas, gracias a la experiencia adquirida por el autor en las tareas de exploración y colonización de América Central, donde pasó la mayor parte de su vida. Se editó nuevamente en Alcalá de Henares en 1530 y en Sevilla en 1546, y fue traducida al inglés, impresa en Londres en 1578. [IVM]

Ferrofino, Julián (Milán, h. 1535 – ¿Valladolid?, 1604). Matemático, ingeniero y jurista. Estudió Leyes y Matemáticas en Milán, y balística en esa ciudad y en Roma. En 1574 fue llamado por Felipe II para explicar matemáticas en la Escuela de Artillería de Burgos; después pasó a enseñar en la Academia de Artillería Naval de Sevilla. En 1583 obtuvo del rey «la naturaleza de castellano» y en 1590 impartió geometría en la Fábrica de Municiones de Málaga. Dos años más tarde se le encargó la creación de la Academia de Artillería «de tierra» de Sevilla. En 1595 fue nombrado Catedrático de Matemáticas de la Academia Real Mathematica, oficio que desempeñó hasta su fallecimiento y que simultaneó con misiones técnicas, muchas de ellas secretas, encargadas por los Consejos de Indias y de Guerra. Son conocidos los informes que realizó en 1603 sobre la situación de las enseñanzas en la Casa de la Contratación y sobre los inventos de Jerónimo de Ayanz presentados en Valladolid. En la Biblioteca Nacional se halla una copia manuscrita del único trabajo suyo del que se tiene noticia, *Descripción y tratado muy breve y lo mas probechoso de Artillería*, escrito en 1599 y que no se llegó a imprimir, pero que sirvió de base al Tratado de Artillería publicado por su hijo Julio César bastantes años más tarde. [MEP]

Firrufino, Julio César (Sevilla, h. 1585 – Madrid, 1651). Ingeniero y matemático. Se formó en matemáticas, fortificación y técnicas de la fundición con su padre, el doctor Julián Ferrofino. En 1600 entró como técnico de Artillería al servicio del Consejo de Guerra. Cinco años más tarde fue el pri-

mer titular de la Cátedra de Matemáticas y Fortificación creada por este Real Consejo. Desempeñó el oficio hasta su jubilación en 1650, participó en proyectos relacionados con la artillería y la fortificación y escribió cuatro obras de carácter técnico. En 1626 publicó *Plática manual y breve compendio de artillería*, un sencillo tratado, de enfoque práctico, que intentaba poner al alcance del artillero los conocimientos más elementales para su profesión. En 1638 acabó su segunda obra, *El Perfeto Artillero*, de contenido mucho más elevado y cuya publicación prohibió el Consejo de Estado porque relevaba secretos estratégicos. El texto pudo publicarlo Firrufino, junto con unos *Fragmentos Matemáticos*, unos años más tarde, tras eliminar los aspectos más cuestionados. No pudo publicar su cuarta obra, *Epítome de fundición*, por la importancia que entonces tenían «los secretos» de la fundición de las piezas de artillería. En compensación Felipe IV le incrementó varias veces su salario como Catedrático y le concedió el disfrute de dos hidalguías. [MEP]

Fratin, Giorgio Palearo (Morcote, h. 1520 – Pamplona, 1589). Ingeniero de fortificación. Hasta 1579 no fue nombrado ingeniero del rey, aunque llevara ya años ocupándose de las fortificaciones de la monarquía. Trabajó siempre en las obras trazadas por su hermano el capitán Fratin. Era él quien permanecía al cargo de las obras, por lo que se le deben muchas de las trazas y las relaciones sobre Milán, Cerdeña, Ibiza... y por supuesto la ciudadela de Pamplona. Este prototipo de ciudadela, pentagonal como las de Amberes y Turín, fue la gran obra de los Fratines, cuyos descendientes permanecieron ligados a la construcción de esta fortificación. Pese a los problemas de Giorgio con las trazas de su hermano una vez muerto este, por las reformas que quería introducir y que fueron cuestionadas por el Consejo de Guerra, trabajó en las obras de Pamplona hasta su muerte, y en el cargo le sucedió su hijo Francisco, que a su vez tuvo un hijo, Pedro Palearo Fratin, que también fue ingeniero y arquitecto en esa ciudad. [ACM]

Fratin, Giovan Giacomo Palearo (Morcote, h. 1520 – Pamplona, 1586). Ingeniero de fortificación, fue nombrado capitán. En diciembre de 1565, sustituyó a Calvi como ingeniero del rey. Desde 1558 había trabajado para la monarquía española en Milán después de haber servido al rey de Francia. «Il Fratino», como era conocido en Europa, obtuvo el título de capitán, lo que le situó por encima de otros ingenieros. El capitán Fratin se ocupó de fortificar y poner en defensa lugares clave para la monarquía: la isla de Cerdeña, el castillo de Milán, fortificaciones en Sicilia y, en el norte de África, La Goleta, Melilla, Orán y Mazalquivir. Las Baleares, el reino de Valencia, Cádiz, Gibraltar o Fuenterrabía conservan también su memoria. Desde 1580 se ocupó de los castillos de Lisboa. La pentagonal ciudadela de Pamplona, trazada por él en 1571 junto con Vespasiano Gonzaga, fue famosa en Europa. Este ingeniero de fortificación utilizó indistintamente los sistemas de baluartes y el de «puntas» o tijeras para adaptar la fortificación al lugar, uniendo así ciencia y experiencia. Durante años fue el ingeniero al que todo se consultó en materia de fortificación, por lo que tuvo un gran poder que solo volverá a tener años después Tiburzio Spannocchi. [ACM]

Garay, Blasco de (act. 1539-1543). Inventor. La primera noticia conocida de este hidalgo toledano es una carta suya fechada el 9 de julio de 1539 en la que solicita ayuda a Carlos V. Autor de una serie de invenciones entre las que destacan los sistemas para sacar navíos hundidos en el mar, unos equipos para bucear con iluminación incorporada para ver incluso en agua turbia, aparatos para desalinizar el agua del mar y varios modelos de molinos portátiles. La más conocida fue un barco provisto de ruedas de paletas que se probó en el puerto de Málaga el 4 de octubre de 1539 y luego, mejorado, en Barcelona en 1542 y 1543. En este último año, hizo otra prueba en Nápoles ante el emperador Carlos V y su hijo el príncipe Felipe, quienes recompensaron al inventor para sacarle de la pobreza, pero no lo suficiente para perfeccionar sus invenciones, que fueron continuadas por un hijo del mismo nombre, Blasco de Garay. Algunos historiadores del siglo XIX confundieron los ensayos navales de Garay con barcos de vapor, lo que suscitó una encendida polémica sobre la primacía de esta invención. [NGT]

Garcés, Enrique. Minero y metalurgista portugués de la segunda mitad del siglo XVI. Fue minero en Almadén y pasó a Perú, donde su experiencia le permitió identificar el cinabrio que, reducido a polvo, vio usar a unos indios con el nombre de «limpe» para teñirse el cuerpo. Con esta pista descubrió las minas de cinabrio de Paras en 1557. La escasa entidad de este primer yacimiento hizo que pasara a desempeñar su actividad en Huancavélica, la mina de mercurio más importante de América. En ella introdujo innovaciones en los hornos utilizados, tras laboriosos ensayos en Lima y en la propia Huancavélica en 1581 y 1582. Las innovaciones consistían en la construcción de un horno redondo con dos hornos largos adosados que actuaban sobre el central por reverberación. El interés de su invención era el ahorro de combustible que se lograba, crucial en un entorno pobre en vegetales. Garcés realizó intentos para introducir en Perú el procedimiento ya común en México de la amalgamación, pero no obtuvo resultados. [JSG]

García de Céspedes, Andrés (Gabanes, Burgos, h. 1545 – Madrid, 1611). Matemático, ingeniero, cosmógrafo y astrónomo. Clérigo secular e hidalgo, en torno a 1575 enseñó artillería en el castillo de Burgos. Pasó a Portugal en 1583 y colaboró en tareas cosmográficas y técnicas. En 1593 se encargó del cuidado de los relojes del Alcázar construidos por Juanelo Turriano. En 1596 fue nombrado Cosmógrafo Mayor de Indias y se le encargó la Reforma de los instrumentos náuticos, del Padrón Real y de las cartas de la Casa de la Contratación. En 1599 elaboró un Informe sobre la mejor manera de hallar la longitud geográfica de un lugar, en el que se inclina por hacerlo «por vía de reloxes equinodales». En 1606 publicó un *Regimiento de Navegación* y el *Libro de Instrumentos nuevos de geometría,* que contiene el tratado sobre hidráulica más completo de los publicados en España y una teoría sobre el movimiento de los proyectiles que admite la trayectoria parabólica. En 1607 fue nombrado Catedrático de la Academia Real Mathematica. Dejó varias obras manuscritas, como el *Regimiento de tomar la altura del Polo en la mar y cosas tocantes a la navegación*, que es el original del texto editado en 1606, las *Teóricas de planetas de Jorge Purbachio*, de 1601, y el tratado más completo sobre los relojes solares y su fundamento geométrico escrito en castellano: *Libro de reloxes de sol*. [MEP]

García de Palacio, Diego (Santander, ?-1595). Jurisconsulto, historiógrafo, tratadista y militar. Nacido en una familia de abolengo marinero, en 1572 fue destinado a Guatemala, siendo nombrado Oidor de la Real Audiencia (1576). En 1580 pasó a México, donde se doctoró en leyes (1581) y fue rector de su Universidad, ejerciendo también como Oidor de la Real Audiencia y Consultor del Santo Oficio, aunque por faltas graves fue suspendido en su empleo de oidor por nueve años. Fue nombrado para mandar una escuadra que combatiese al corsario Francis Drake. De su copiosa obra interesan aquí los *Diálogos militares de la formación e información de personas, instrumentos y cosas necessarias para el buen uso de la guerra* (1583), estructurado en cuatro libros (el tercero, dedicado a la artillería, es el primer tratado impreso en castellano sobre el tema), y la *Instrucción náutica para el buen uso y regimiento de las naos, su traza y gobierno, conforme a la altura de México* (1587). Escrita en forma diálogo y estructurada en cuatro libros, el último versa sobre construcción naval y aborda aspectos de arquitectura, arqueo y materiales de la nave, así como de su artillado. Primer texto impreso sobre arquitectura naval, significativamente no fue publicado en Europa, sino en América. García de Palacio figura en el *Catálogo de Autoridades de la Real Academia Española*, ya que su *Instrucción* contiene un vocabulario de unas quinientas voces náuticas, el más importante lexicón marinero del siglo XVI. [MSS]

García de Toreno, Nuño (act. primera mitad del s. XVI). Cartógrafo. Colaborador de Américo Vespucci a partir de 1508, fue nombrado maestro de hacer cartas en la casa de la Contratación de Sevilla en 1519. Ese año elabora 25 cartas para el viaje de Magallanes. En 1522 dibuja otra de la parte meridional de Asia, que se guarda en la Biblioteca de Turín, con la información traída por Juan Sebastián Elcano; incluye las islas Molucas, situadas al este del antimeridiano de demarcación del

Tratado de Tordesillas. Algunos autores le atribuyen una carta mapa-mundi anónima, conocida como *Carta de Turín de 1523,* que para otros es obra de Juan Vespucio. Representa Florida en forma de isla, y el golfo de México hasta el sur de América, incluido el estrecho de Magallanes. La figura de la costa de Brasil, orientada en dirección nordeste-sudoeste, contrasta con los trazados de origen portugués, de dirección norte-sur, e incluso inclinada hacia el sudeste. Quizá la obra más importante es la carta anónima denominada *de Salviati*; copia del Padrón Real, representa la geografía india-na conocida en 1525, fecha de la carta. Presenta la costa atlántica de América desde Terranova hasta el Estrecho de Magallanes, y está orientada al norte. Se conserva en la Biblioteca Laurenziana de Florencia. [IVM]

Gesio, Juan Bautista (Nápoles, h. 1540 – Madrid, 1580). Geógrafo, cosmógrafo y matemático. En 1574 llegó a Madrid portando una valiosísima información cartográfica, fruto del espionaje realizado durante cuatro años en la corte portuguesa. En 1575 propuso al monarca la fundación de una cátedra en Palacio, como la que existía en Lisboa, aunque la iniciativa no prosperó en ese momento de grave crisis económica. Permaneció en Madrid aconsejando a Felipe II sobre el conflicto con los portugueses acerca de las Molucas y ocupándose en asuntos que le encargaba el Consejo de Indias. Intervino en la supervisión de la *Geografía y Descripción Universal de las Indias* de López de Velasco y elaboró claves matemáticas para la redacción de cartas cifradas. En 1578 volvió a ser enviado a Lisboa «en misión secreta», de la que regresó al año siguiente llamado por el rey, quizás para que emitiera informes sobre temas relacionados con Indias. En 1580 pidió a Felipe II un oficio de escribano en Santo Domingo de la isla Española. Esperando la contestación real murió a causa de la enfermedad traída de Portugal. En la Biblioteca del Monasterio del Escorial se conservan varios códices con sus memoriales y cartas, y en el Archivo de Simancas se guarda mucha correspondencia secreta de Felipe II con las claves creadas por Gesio. [MEP]

Gilabert y de Alentorn, Francisco de (?-1559, ¿Tamarite de Litera?, Huesca, 1638). Tratadista político, económico y agronómico. De la pequeña nobleza rural aragonesa, fue carlán de Albelda. Participó activamente, en la represión de las alteraciones de la Ribagorza (1586-90). Capitán y maestre de campo, pasó a la corte como gentilhombre de la Real Boca. Retirado a sus posesiones de Tamarite de Litera y Albelda, se dedicó al cultivo de sus tierras, escribiendo unas *Relaciones de lo sucedido en Aragón, antes y en el tránsito de Antonio Pérez y sucesos subsiguientes después del año 1591*. Dio luz a *Discursos sobre la calidad del Principado de Cataluña, inclinación de sus habitantes y su gobierno* (Lérida, 1616), manifestándose a favor de la pequeña nobleza rural catalana frente a los mercaderes e industriales de Barcelona. Aquí interesa por su *Agricultura práctica, con la qual puede uno llegar a ser perfeto agricultor en lo más necesario de la vida humana, en cualquier tierra que estuviese* (1626). Dedicada «a sus colonos o grangeros», emplea un tono moral de alabanza al trabajo, siendo significativo el título de su primer capítulo: «Que es la Agricultura Arte Noble». Advierte que los libros escritos desde Grecia, Italia, Alemania o Francia, corresponden a tierras con características diferentes, afirmando que «tomo experiencias que he tenido en cincuenta años que ha, trato con gentes que mis tierras cultivan, que por yrme mucho interese en ellas, las he con cuydado advertido, y assi... no digo opiniones de Autores, sino experiencias mías». Explicita que no aborda cuestiones relativas a los huertos y jardines, centrándose en la tríada mediterránea: trigo, olivo y vid. Brevemente, trata de meteorología, paremiología rural en Cataluña, cuidado del ganado y la cría de gusanos de seda, con el fin de que la unidad de producción sea rentable. [MSS]

Girava, Jerónimo. Cosmógrafo, matemático e ingeniero. Aunque se le ha considerado nacido en Tarragona, por el añadido «tarraconensis» a su nombre que aparece en alguna de sus obras, en el prólogo de su *Geometría Práctica* se declara natural de Aragón, que formó parte de la antigua Tarraco romana. Ingeniero hidráulico y cosmógrafo de Carlos V, en 1552 iba a ser nombrado direc-

tor de las obras de la Acequia Imperial por muerte de Gil de Morlanes, cuando se trasladó a Flandes con su discípulo Pedro Juan de Lastanosa, con quien tradujo al castellano *Los dos libros de Geometría Práctica* de Oroncio Fineo, manuscrito fechado en 1553. En su faceta de ingeniero, Girava escribió una *Declaración del uso y fábrica de los instrumentos de agua, molinos y otras cosas*, obra hoy desaparecida, que fue elogiada por Cardano y que Juan de Herrera tenía en su biblioteca. Murió en Milán en 1556. Como obra póstuma se imprimieron en esta ciudad y año sus *Dos libros de Cosmographia*, en realidad un tratado de geografía con una introducción en astronomía, reeditado en varias ocasiones y traducido al francés y al latín. [NGT]

Gómez de Mora, Juan (Cuenca, 1586 – Madrid, 1648). Arquitecto e ingeniero. La Plaza Mayor de Madrid, la cárcel de corte, la villa de la Zarzuela, la intervención en otras casas del rey, o su remodelación del alcázar de los Austrias en Madrid, con su magnífica fachada, son algunas de sus obras más importantes. Heredó el cargo de arquitecto mayor de Felipe III en 1610 de su tío, Francisco de Mora. Fue el que acabó por configurar la imagen de la corte una vez que esta volvió desde Valladolid a Madrid en 1606 por los muchos edificios que proyectó como Maestro Mayor de la Villa y Corte que fue desde 1615. Su cargo también le llevó a trabajar en otras ciudades como Lerma, Salamanca, Alcalá de Henares, etc., a veces en cuestiones de fortificación, como en Cádiz (1624). Partiendo del clasicismo escurialense, su arquitectura supone la consolidación de una imagen de la monarquía española ligada a principios de simetría, orden y proporción, en la que se van introduciendo planteamientos ya barrocos. Debido a una acusación de fraude en el alcázar (1635), se le envió al Reino de Murcia en 1636, dónde se ocupó de obras de regadío, entre 1637 y 1643. Gómez de Mora ordenó la encuadernación de la copia conocida como los *Veintiún libros de los Ingenios y Máquinas* (BNM, Mss. 3372 a 3376), el más importante texto sobre ingeniería hidráulica del Renacimiento, que se atribuyó erróneamente a Juanelo Turriano. [ACM]

González de Medina Barba, Diego (Burgos, h. 1550 – Madrid, ?). Hidalgo e ingeniero militar. Estuvo al servicio del Consejo de Guerra. En 1599 publicó en Madrid un tratado eminentemente práctico, *Examen de Fortificación,* en el que se explican con mucha sencillez distintas maneras de medir distancias y ángulos utilizando instrumentos tan elementales como varas y escuadras, sin tener que recurrir a cálculos complejos sino tan solo manejando la regla de tres. [MEP]

Herrera, Gabriel Alonso de (Talavera de la Reina, h. 1475 – h. 1539). Agrónomo. Hijo de un labrador acomodado, fue clérigo formado en Granada, adonde llegó hacia 1492. A comienzos del nuevo siglo, estuvo allí encargado de huertos del Marqués de Mondéjar, pasando en 1503 a recorrer España, Francia e Italia. Capellán del Cardenal Cisneros, su *Obra de Agricultura* (Alcalá, 1513), la principal contribución hispana al mundo agropecuario del siglo XVI, integra su amplia experiencia, aunque es básicamente una compilación de autores clásicos (sobre todo, Plinio, Palladio y Columela), medievales cristianos (como Pietro Crescentino) y musulmanes (Avicena). Además de cuestiones generales, aborda los cultivos de secano, viñedos y vinos, árboles, hortalizas y su regadío, así como los animales de granja y sus enfermedades; termina con un calendario del año agrícola. Impreso veintiocho veces en castellano hasta 1862 (doce en el siglo XVI), fue traducido al italiano (seis impresiones entre 1557 y 1608) y al francés (1596). Herrera figura en el *Catálogo de Autoridades de la Real Academia Española*. Algunas de sus ediciones se completaron con otros tratados, como el *Despertador, que trata de la grande fertilidad, riqueza...* (en su primera edición: *Diálogos de la fertilidad y abundancia de España,* 1578) de Juan de Valverde Arrieta, y la *Agricultura de Jardines* de Gregorio de los Ríos (1592), que aparecen en la de 1620. [MSS]

Herrera, Juan de (Camargo, 1532 – Madrid, 1597). Matemático, arquitecto e ingeniero. Hombre polifacético y de intereses universales, fue discípulo de Juan Bautista de Toledo entre 1563 y 1567.

De su faceta científica subrayaremos el apoyo y tutela que prestó a la Academia de Matemáticas (fundada h. 1582-1583) de Madrid y la redacción del *Discurso sobre la figura cúbica,* paradigma de pensamiento hermético. Reunió una biblioteca extraordinaria con 750 títulos que, entre otras cosas, denota una curiosidad fuera de lo común por la teoría artística. El monasterio de San Lorenzo el Real de El Escorial (1562-1586) es la columna vertebral de su carrera y también su creación más importante que absorbió buena parte de sus esfuerzos. No obstante, la introducción por su maestro de las técnicas del dibujo ortogonal asociadas al proyecto escurialense le permitieron trazar edificios tan complejos como la catedral de Valladolid (1580) o la Lonja de Sevilla (1572) y, de este modo, facilitar la difusión de su pensamiento arquitectónico, labor a la que también contribuyó la publicación de sus diseños escurialenses y el *Svmario* (1586) que los acompaña. Es el arquitecto más influyente de la segunda mitad del siglo XVI y una de las figuras angulares de la arquitectura europea del momento. [JCM]

Idiáquez y Goicoechea, Domingo (Astigarraga, Guipúzcoa c. 1559-Pamplona, 1619). Militar y constructor naval. Con solo quince años comenzó a servir como soldado de infantería, y en 1580 era alférez de una de las cuatro compañías destacadas del tercio del Estado de Milán, que se encontraba en Gibraltar para tomar parte en la campaña para el acceso de Felipe II al trono de Portugal; en 1582 pasa a Flandes, y dos años después manda una compañía en el asedio de Dendermonde o Terramunda (1584), donde su compañía queda de guarnición durante tres años. A finales de junio de 1587 participa en el asedio de Sluis, La Esclusa, siendo recompensado con la tenencia del castillo de Amberes. En octubre de 1599, el Archiduque Alberto, Gobernador de los Países Bajos, le concede licencia para volver a la corte y pronto, junio de 1601, es nombrado Superintendente de la fábrica de navíos y arqueamientos de la provincia de Guipúzcoa y de la conservación de sus plantíos y montes, un cargo que hasta entonces había sido desempeñado por marinos, sucediendo al general Antonio de Urquiola. Entre 1611 y 1617 fue Capitán general de Melilla. Su hijo, Alonso de Idiáquez y Camarena (Amberes, 1592-Azcoitia, 1642), fue también Superintendente de la fábrica de navíos y arqueamientos de la provincia de Guipúzcoa. [IVM]

Isla, Lázaro de la (Génova, 1535c- Madrid, post. 1595). Militar y profesor de artillería. Fue hijo de Ambrosio de la Isla, artillero de mar y guerra, que sirvió a Carlos V cerca de cuarenta años y falleció en la campaña de los Gelves. Lázaro aprendió el oficio de artillero en su infancia al lado de su padre; posteriormente pasó a las Galeras de Felipe II, sirviendo en ellas durante treinta años. Cuando entró en edad avanzada se ofreció al Consejo de Guerra para «formar escuelas de artilleros», solicitud que le fue concedida por el monarca al ser apoyada por el Capitán General de las Galeras don Martín de Padilla. Durante unos diez años formó artilleros en «así en las armadas de Su Majestad como en muchos castillos y fortalezas de tierra de estos Reinos y fuera de ellos». Sus conocimientos y experiencia en la enseñanza de la artillería los quiso preservar para que pudiesen servir en el futuro. Los recogió en la obra *Breve Tratado del arte de Artillería, Geometría y artificios de fuego,* publicada en Madrid en 1595. [MEP]

Lastanosa, Pedro Juan de (Monzón, 1527 – Madrid, 1576). Ingeniero mecánico y de fortificaciones. Se formó con el también aragonés Jerónimo Girava, con quien fue a Bruselas en 1553, colaborando en la traducción de la *Geometría Práctica* de Fineo y en diversas obras de ingeniería hidráulica. En 1556, a la muerte de su maestro en Milán, Lastanosa permaneció en Italia. En Nápoles escribió el *Discurso de las aguas de Selino* (1559), dando soluciones para la traída de aguas a esa ciudad. En 1563 pasó al servicio de Felipe II como «maquinario» y «maestro mayor de fortificaciones», interviniendo en obras como la Acequia Imperial de Aragón, las fortificaciones de los Alfaques o las mediciones topográficas para hacer un mapa de España junto con Esquivel, e inspeccionando las máquinas que se presentaban a patente. También examinó para su aprobación libros de diversa índole. Inventó y patentó,

no sin controversia, un molino de contrapesos, entre otras máquinas. Tras su muerte, poseía una extraordinaria biblioteca de más de 550 volúmenes, en la que predominaban los libros de carácter científico y técnico. En ella parece reseñado un manuscrito de «ingenios» que fue posiblemente el original de, entre otras posibles, la conocida copia de la Biblioteca Nacional titulada en el siglo xvii *Los 21 libros de los ingenios y máquinas...,* hasta hace poco atribuida a Juanelo Turriano. [NGT]

Lavaña (Lavanha, Labaña), Juan Bautista (Lisboa, h. 1555 – Madrid, 1624). Cosmógrafo, cartógrafo, ingeniero e historiador. De origen hidalgo, estudió en Lisboa y en Italia. En 1582 Felipe II le nombró para leer en la Academia Real Matemática. Explicó Cosmografía y Navegación, y escribió el *Tratado del arte de Navegar* (manuscrito, U. de Salamanca). Prosiguió la confección del mapa de España. En 1591 regresó a Lisboa como Cosmógrafo Cronista Mayor de Portugal. En 1595 publicó en Lisboa el *Regimiento Náutico*, que se reeditó en 1606. Sobre el análisis geométrico de instrumentos se conservan manuscritos en Coimbra el *Tratado da gnomotica* y el *Tratado do astrolabio*. En 1599 Felipe III le encargó la *Historia de la Monarquía Española,* obra a la que se dedicó hasta su muerte. En 1604 informó sobre la posibilidad de hacer navegables los ríos Esgueva, Pisuerga y Duero, desde Valladolid hasta Oporto. En 1608 escribió el *Livro Primero da Architectura Naval*, el primer tratado científico de ingeniería naval. «Maestro de Matemáticas» del príncipe Felipe (1611), para él elaboró la *Descripcion del Universo* (BN Madrid). En 1619 entregó a la Diputación de Aragón el *Mapa General de Aragón,* que se reeditó varias veces a lo largo de dos siglos. Como documento de trabajo, Lavaña escribió el *Itinerario do reyno de Aragon,* que no publicó. En 1620 Felipe IV le encargó la *Descripcion del Reyno de Portugal* y, al año siguiente, una *Descripción General de España,* que abordó con la ayuda de un equipo de cosmógrafos y del cartógrafo Pedro Texeira. [MEP]

Lechuga, Cristóbal (Baeza, 1557 - ?). Artillero e ingeniero de fortificación. Gozó del aprecio de don Juan de Austria y Alejandro Farnesio. Por su destacado protagonismo en los sitios de Mäastricht, Tournay y, sobre todo, en el de Amberes (1585), obtuvo el mando de la Artillería Imperial. Rindió las plazas de Huy y Catelet y venció al ejército francés en Doullens. De Flandes pasó a Italia, publicando en Milán, en 1603, su obra *Discurso que trata del cargo de Maestre de Campo General y de todo lo que de derecho le toca en el Exercito*. En 1611 editó su obra cumbre, *Discurso... que trata de la artillería y de todo lo necesario a ella, con un tratado de fortificación y otros advertimentos*. En ella se trata no solo de artillería, describiendo en particular la fundición de cañones de bronce, sino también de fortificación. Tras alcanzar el cargo de Teniente General de la Artillería en los Estados de Flandes y Milán, acabó sus días oscuramente, no teniéndose noticias de cuándo ni dónde falleció. [PMP]

Lobato del Canto, Francisco (act. 1547-1585). Inventor. Natural de Medina del Campo, se conocen escasos datos de su vida. Escribió unas curiosas notas que se han conservado pegadas a las hojas de una *Geografía* de Tolomeo. En ellas inicia una historia de Medina del Campo que incluye interesantes crónicas de la época. En la parte técnica, dibuja y describe de forma ingenua, aunque minuciosa, varias máquinas que vio funcionar y otras inventadas por él. Entre estas últimas destaca su molino de regolfo, de rodete metálico y con álabes diseñados como los de las actuales turbinas hidráulicas, de las que puede considerarse uno de los precedentes. Aunque construyó varios molinos, no consta que los patentase, pero sí lo hizo en 1564 el famoso médico medinense Gómez Pereira en un molino de sifón experimentado por ambos años antes. [NGT]

López de Velasco, Juan (Vinuesa, h. 1530 – Madrid, 1598). Geógrafo y cosmógrafo de amplia formación humanística, fue el primer cosmógrafo-cronista mayor del Consejo de Indias (1571), aunque ya desde 1563 trabajaba para dicha institución. Encargado de escribir un libro descriptivo de todas las provincias indianas, para reunir información diseñó un cuestionario, base de las

Relaciones Topográficas para las Indias, incluyendo preguntas sobre toponimia, geografía física e historia natural, instituciones, población y actividad económica. Con el material reunido, y el que había dejado Alonso de Santa Cruz, escribió su *Geografía y descripción universal de las Indias* (1574), en la que además de las Indias españolas proporcionaba detalles de Brasil, Filipinas, la costa de China, Nueva Guinea y las islas Salomón; pero no llegó a publicarse. Ese año se inició la recogida de Relaciones Topográficas de España. Con el fin de recabar datos que permitieran determinar las longitudes lugares, envió instrucciones para la observación de varios eclipses lunares de 1577, 1578 y otros posteriores, en España y las Indias. En 1588 Felipe II le nombró Secretario de Hacienda. Publicó en 1582 una *Ortografía y Pronunciación Castellana*. [IVM]

Machuca, Pedro (Toledo, h. 1490 – Granada, 1550). Pintor y arquitecto. Apenas si disponemos de información sobre los primeros años de una de las más singulares *águilas* de nuestro Renacimiento. Formado inicialmente como pintor, sin duda en el taller romano de Rafael (a partir de 1515-1516), la muerte del gran artista de Urbino en 1520 debió precipitar su retorno a España, donde está documentado ya en ese mismo año contratando un retablo para la catedral de Jaén. De condición hidalga, en 1524 lo encontramos en La Alhambra de Granada como escudero del alcaide Luis Hurtado de Mendoza, II Marqués de Mondéjar. Hasta su muerte en 1550 alternó su dedicación a la pintura —de la que subsisten escasos aunque muy significativos vestigios— con un único encargo arquitectónico: el palacio matrimonial de Carlos V en La Alhambra (a partir de 1527). Machuca evidencia en el mismo un profundo conocimiento de la arquitectura italiana unido a un absoluto desinterés por llegar a un compromiso con los usos hispanos, en lo que constituye una actitud opuesta a la de Diego de Siloe. El resultado es una creación excepcional que debe estudiarse desde la perspectiva italiana —en especial, en relación con Giulio Romano— y de muy limitada repercusión en el arte español. [JCM]

Marchi, Francesco de (Bolonia, 1490 – Los Abruzzos, 1574). Arquitecto militar y artillero. La fama de Marchi se debe a su tratado, escrito a mediados del siglo XVI y prácticamente acabado en 1560, aunque no se publicara hasta 1599. Tuvieron copias manuscritas de ese tratado y de sus dibujos, algunos ya grabados, los Médicis, los Farnesio y Felipe II. La Biblioteca Nacional de Madrid y la del Monasterio de El Escorial conservan las dos copias que poseyó la monarquía española. Ampliamente utilizado antes de su publicación, muchas de las soluciones que plantea, con obras avanzadas, preludian lo que Vauban convirtió en sistema en el siglo XVII. Escribió también un tratado de arquitectura civil, inédito. Trabajó para Alejandro de Médici, casado con la hija de Carlos V, Margarita de Austria, que cuando enviudó se casó con Octavio Farnesio. Vinculado a su corte, la acompañó cuando fue nombrada gobernadora de los Países Bajos en 1559, y cuando fue nombrada gobernadora de l'Aquila, en los Abruzzos, en 1569. Trabajó como artillero en la guerra de Parma y como arquitecto en el palacio Farnesio de Piacenza. Hizo un proyecto para la ciudadela de Amberes, aunque el duque de Alba eligió el de Paciotto. [ACM]

Martínez de Recalde, Juan (Bilbao, c. 1538-La Coruña, 1588). Militar y constructor naval. Nieto de un alcalde de su ciudad natal, participó en las guerras de Flandes, navegando desde muy joven en la Escuadra de Vizcaya, más tarde en la Armada para la Guarda de la Carrera de las Indias. Prestigioso constructor de navíos, dirigió los astilleros reales de Guipúzcoa, Vizcaya y Cuatro Villas. Escribió numerosos informes sobre construcción naval. Sirvió a las órdenes de don Álvaro de Bazán en las expediciones de las islas Terceras en 1582 y 1583. Llegó a ser nombrado Almirante de la Gran Armada, que se preparaba desde 1587, a las órdenes del inexperto duque de Medina Sidonia, ya que el marqués de Santa Cruz murió unos meses antes de iniciarse la expedición a Inglaterra. Desde su «capitana» *Santiago*, mandó la escuadra de Vizcaya, compuesta por veinticuatro navíos. En una de las refriegas fue herido, y a su regreso a La Coruña, donde fondeó su flota, murió a consecuencia de las heridas. [IVM]

Mazuecos *el Mozo*, Pedro de (Valladolid, 1556 – Madrid, 1609). Arquitecto e ingeniero activo entre 1583 y 1609. Hijo del alarife Pedro de Mazuecos *el Viejo,* es uno de los grandes representantes de la corriente clasicista en Valladolid a la par que un notable seguidor de Juan de Herrera y extraordinario dibujante. Prestó múltiples servicios en el entorno de la Corte, siendo nombrado criado de Su Majestad en 1596 y llegando a ejercer en 1607 como aparejador del Alcázar de Madrid, la Casa de Campo y el palacio del Pardo. Fue también maestro mayor de las obras reales en el convento de Uclés. Mantuvo una estrecha amistad y colaboración profesional con Diego de Praves y Juan de Nates. De su vasta producción arquitectónica —en buena medida, desaparecida— puede destacarse el diseño de la fachada (1594) del palacio de Fabio Nelli y la capilla mayor (1604-1606) de la iglesia del convento de Santa Catalina, ambas en Valladolid. De su labor como ingeniero sobresale su intervención en la traída de aguas a Valladolid bajo la dirección de Juan de Herrera, autor del proyecto (1585). [JCM]

Medina, Bartolomé de (Sevilla, 1503 ó 1504 – Pachuca, Nueva España, 1585). Metalurgista. Introductor en América del procedimiento de amalgamación, capaz de separar la plata con la ayuda de mercurio sin necesidad de combustible y con el que era además posible trabajar menas de baja ley a las que no resultaba rentable aplicar el sistema entonces corriente de la fundición. Comerciante de textiles y cueros en Sevilla en la década de 1540, allí tuvo las primeras noticias de la existencia de tal procedimiento, cuyos rudimentos adquirió de un alemán, Maese Lorenzo, de quien no tenemos más noticias. En un momento de 1553, y cuando frisaba los cincuenta años, Medina decide trasladarse a Nueva España, estimulado por el acicate de probar aquel secreto. Se instala desde mediados de 1554 en Pachuca, en una hacienda de beneficio denominada *Purísima Grande*. Ocupó varios meses de experimentos en adaptar el proceso a la especificidad de los minerales de aquellas minas, pero al fin, en ese año o al siguiente, obtenía por primera vez plata por amalgamación en territorio americano. El procedimiento adoptado consistía en mezclar el mineral con sal y mercurio, lo que producía una amalgama del primero con el último y bastaba al final con sublimar el azogue para obtener plata pura. Aunque se ha discutido hasta el infinito la originalidad de Medina, esta consistió en la transformación de un sistema, que antes de él era una curiosidad, en un procedimiento industrial que revolucionó la metalurgia de la plata y estuvo vigente hasta principios del siglo XX. [JSG]

Medina, Pedro de (¿Sevilla? h. 1493 – Sevilla, 1567). Cosmógrafo, con amplia formación humanista. Aunque clérigo, desarrolló gran parte de su existencia alrededor de la Casa de la Contratación, pleiteando en controversias científicas y tratando de conseguir un puesto como cosmógrafo oficial, tras haber presentado en 1538 un *Libro de Cosmografía*, con un Regimiento de Sol y de Luna que fue desaprobado por el piloto mayor y los cosmógrafos de la institución sevillana. Aunque no era un hombre de mar, tenía alguna experiencia como navegante. En 1545, en Valladolid, publicó su *Arte de navegar*, con la aprobación de Alonso de Chaves y los cosmógrafos de la Casa de la Contratación, pero con la oposición del gremio de pilotos sevillanos. Su tratado alcanzó fama internacional, llegando a ser editado en cinco idiomas durante los siglos XVI y XVII. Fue consultado en dos juntas convocadas por el Consejo de Indias para determinar la posición correcta de las Filipinas y de otras islas del Pacífico, en disputa con Portugal. En 1552 publicó un *Regimiento de navegación*, reeditado en 1563, y es autor de otras obras que no llegaron a ver la luz, como la *Suma de Cosmographía* (1550), conservada en la Biblioteca Nacional. Medina escribió obras no científicas, como el *Libro de grandezas y cosas memorables de España* (1548), o el *Libro de la verdad* y la *Crónica de los muy excelentes Duques de Medina Sidonia* (1561). [IVM]

Mendoza, Bernardino (Guadalajara, 1541 – ¿Valladolid?, 1604). Militar, ingeniero, cortesano y noble. Hijo del II Conde de Tendilla, de la poderosa familia de los Mendoza (a la que pertenecieron el marqués de Santillana y el Gran Cardenal), asistió ya de mayor a las lecturas de Lavaña y Ondériz en la Academia Real Matemática de Palacio. Fue embajador de Felipe II en París y Londres y organi-

zó redes de espionaje, participando en la elaboración de las claves de las cartas cifradas. En 1595 publicó *Theorica y práctica de la Guerra* sobre estrategia militar, donde —entre otros temas— se ocupa de la construcción de fortificaciones, y que se reeditó al año siguiente. Debido a la personalidad de su autor se tradujo al italiano en 1596, al inglés en 1597, y al francés en 1597 y 1598. [MEP]

Menéndez de Avilés, Pero (Avilés, 1519-Santander, 1574). Navegante y constructor de navíos. Conquistador, exploró y colonizó la Florida. En 1565 fundó San Agustín, la ciudad más antigua de los Estados Unidos. Dos años más tarde, como Adelantado de la Florida, se encargó de la construcción de doce galeones agalerados, de los que habría de ser capitán general. Se fabricaron en Deusto y estuvieron listos al año siguiente: fueron los primeros famosos *Doce Apósteles* con los que se consolidó la defensa de aquella península y se efectuó la limpia de corsarios de las Antillas. Constituyeron el núcleo de lo que sería la Armada para la Guarda de la Carrera de las Indias. Las sucesivas armadas formadas con parte de estos galeones reforzaron la escolta de las flotas cuando se estimó necesario, patrullando el Caribe y, sobre todo, se ocuparon de que volvieran seguras a Tierra Firme. Siempre al servicio de Felipe II, fue diez veces capitán general de la mar Océana, que cruzó en más de veinte ocasiones. En 1574 fue llamado por el rey, para que se pusiera al frente de una escuadra que debía ir a Flandes, a sofocar las rebeliones; en septiembre tomó posesión de su escuadra, en el puerto de Santander, pero se declaró una epidemia de «tabardillo» (tifus exantemático), que hizo estragos entre los más de doce mil hombres que se habían reunido allí (cuando la capital no contaba más que con ochocientos vecinos), muriendo a los pocos días. Escribió numerosas cartas e informes relativos a la navegación y a los oficios que desempeñó. [IVM]

Monardes, Nicolás Bautista (Sevilla, h. 1493 – 1588). Médico, naturalista y metalurgista. Estudió Medicina en Alcalá y se doctoró en 1547 en Sevilla, donde trabajó como médico de prestigio y comerciante. Publicó obras, muy difundidas, en las que describía los productos medicinales que habían llegado de América. En el campo de metalurgia fue muy conocido el *Diálogo del hierro* (1574), única dedicada a este metal –que entonces comenzaba a fundirse en altos hornos– antes del siglo XVIII. Monardes contrapone la importancia del hierro para la Humanidad al excesivo valor que se concedía a los metales preciosos. Concebida en forma de diálogo entre el propio Monardes, un boticario y un conocido ferrón vizcaíno de nombre Ortuño, describe las principales minas de hierro de Europa y las técnicas metalúrgicas que se aplicaban, deteniéndose en las conocidas ferrerías cantábricas. Se extiende también en la génesis del hierro, sus cualidades y, dada su condición de médico, en sus aplicaciones terapéuticas. [JSG]

Montalbán, Francisco de. Experto hidráulico andaluz que diseñó los juegos de agua del claustro jerónimo de Córdoba. Estuvo al servicio de Felipe II como «maestro mayor de obras de fuentes y encañados» en 1575, pasando a trabajar como fontanero mayor en las obras de traída de aguas y fuentes del Monasterio de El Escorial, donde instaló un sistema de agua fría y caliente para las cocinas. En 1581, junto con el ingeniero y ermitaño fray Ambrosio Mariano Azaro, examinó la posibilidad de hacer un canal navegable hasta Jerez, del que fray Ambrosio hizo un detallado dibujo. Intervino en la acequia de Colmenar y en un proyecto de torres y fortificaciones en Andalucía. Fue uno de los expertos que proyectaron la traída de aguas a Valladolid, aunque la traza definitiva se debe a Juan de Herrera. Murió en Madrid en 1589. [NGT]

Morales, Benito de (act. 1570-1584). Maestro de obras, inventor e ingeniero hidráulico. Natural de Sevilla, intervino en esta ciudad en el proyecto del Hospital de la Sangre. En Martos (Jaén) proyectó un conjunto de molinos de harina y batanes. Informó por cuenta del cabildo de Córdoba sobre el daño que les había ocasionado en el molino de San Julián de su propiedad, una aceña construida aguas arriba, dando soluciones para evitarlo. Entró al servicio de Felipe II en

1570 como fontanero mayor, proyectando una serie de fuentes y estanques con cenador en Aranjuez de gran originalidad. Junto con otros ingenieros, intervino en la discusión sobre el trazado de la acequia de Colmenar. Ideó un sistema para descenagar las aceñas de Alóndiga y construyó varios molinos de regolfo cerca de Aranjuez. Su invención más curiosa fue la llamada «máquina de agua clara», una especie de depuradora que daba un sabor muy agradable al agua de las fuentes de Aranjuez; preguntado a este propósito por Felipe II sobre su «secreto», respondió que se sometería a los mayores tormentos antes de revelarlo. Fue uno de los ingenieros que intervinieron en la traída de aguas a Valladolid. [NGT]

Morlanes *el Joven*, Gil. Escultor, arquitecto e ingeniero activo entre 1514 y 1547. Hijo del escultor real darocense Gil Morlanes *el Viejo,* dedicó los primeros años de su vida profesional a esta disciplina, completando (h. 1512-1517) la importantísima portada de la iglesia de Santa Engracia de Zaragoza y tomando parte en obras tan innovadoras como el retablo de Santiago (1520-1522) de la Seo de esta ciudad, el mayor de Santa María de Tauste (1520-1524) y el desaparecido baldaquino del santuario de Nuestra Señora de Portillo de la capital aragonesa (1527-1529), en las que siempre se responsabilizó del diseño de la parte arquitectónica, cediendo por lo general la imaginería a terceros. De su labor como arquitecto y cantero, ampliamente documentada, sobresale la realización de la Cruz del Coso o de los Mártires (1534) de la capital aragonesa, una *memoria* a la antigua inspirada en el *tempietto* bramantesco de San Pietro in Montorio (1502), rehecha con posterioridad muchas veces, pero cuyo aspecto conocemos por un relieve del coro (1543-1548) de N.ª Señora del Pilar. A partir de 1534 intervino en los trabajos del Canal Imperial de Aragón, su obra de ingeniería más importante. En ese mismo año fue requerido por Carlos V para trazar la acequia de Aranjuez. Murió en Zaragoza en 1547. [JCM]

Navarro, Pedro (Garde, Navarra, 1460 – Nápoles, 1528). Célebre capitán de artillería e ingeniero. Participó en las guerras entre florentinos y genoveses, y con una nave se dedicó al corsario en el Mediterráneo. A las órdenes del Gran Capitán se distinguió en la batalla de Canosa y en la toma de Nápoles. Nombrado por Fernando el Católico capitán general de la Armada española, se apoderó en 1508 del Peñón de Vélez de la Gomera. Mandó el ejército que en 1509 tomó Orán y que más tarde conquistaría Bugía, Argel, Tremecén, Túnez y Trípoli. Fue hecho prisionero en Rávena por los franceses. Su rescate no fue satisfecho por el rey Fernando, sino por Francisco I de Francia, a cuyo servicio pasó. Ilustre capitán, fue inventor de las minas terrestres, lo que supuso un gran avance en la destrucción de las fortificaciones. Murió prisionero de las tropas de Carlos I en Castelnuovo (Nápoles). [PMP]

Nunes, Pedro (Alcácer do Sal, antigua Salácia, 1502 – Coimbra, 1578). Matemático y cosmógrafo portugués, que se castellaniza como Núñez. Catedrático de Filosofía Moral en Lisboa desde 1529, año en que fue nombrado cosmógrafo real. Transferida la universidad a Coimbra en 1537, ocupó la cátedra de Matemáticas en 1544. Repartió su presencia entre Coimbra y Lisboa, donde debía cumplir con sus obligaciones de cosmógrafo, y desde 1547 como cosmógrafo mayor. Jubilado en 1562, en 1572 fue llamado de nuevo al servicio del rey, enseñando cosmografía a los pilotos de las carreras portuguesas. Entre sus obras destaca el *Tratado da Sphera* (1537), con una traducción del texto de Sacrobosco, acompañada de sus versiones del libro I de la *Geografía* de Ptolomeo y de la *Teórica del Sol y de la Luna* de Jorge Purbaquio. En 1542 publicó en Lisboa *De Crepusculis*, donde trata de la variación del crepúsculo con la latitud y la época del año, y describe su invención del *nonio*. De su *Arte navigandi libro duo* se conoce una edición de 1573, pero posiblemente hubo otra de 1546, año en que publicó *De erratis Orontii Finei*. En 1566, en Basilea, vio la luz el libro *Petri Nonii Salaciensis Opera*, con versiones latinas de sus trabajos sobre arte de navegar. El *Libro de Álgebra en Aritmética y Geometría* lo publicó en español, en Amberes, en 1567, «por ser lengua más uni-

versal que la propia», aunque lo había escrito treinta años antes en portugués. Quizás el matemático ibérico más brillante del siglo XVI, trabajó sobre loxodromia. [IVM]

Ojeda, Agustín de (Huelva, c. 1550-Portugalete, 1619). Marino y uno de los más prolíficos constructores de navíos. Trabajó incansablemente en la fábrica de galeones por cuenta de la Corona, en los astilleros del Señorío de Vizcaya —Deusto, El Pasaje, Rentería, Zorroza —, en la última década del siglo XVI. Su padre, Juan de Ojeda, fue durante cuarenta años capitán almirante y general en la Armada. Su suegro fue el general Sancho de Archiniega, general de las flotas del emperador y sus yernos llegaron a desempeñar importantes cargos en la marina. Comenzó muy joven (h. 1566), a servir en la carrera de Indias, participando en importantes empresas militares, como la Jornada de las Terceras (1582), o en la Gran Armada (1588), a las órdenes de don Antonio Hurtado de Mendoza. Su actividad como constructor comenzó al volver de dicha Jornada, cuando la Corona puso en marcha una política de nuevas fábricas, con el fin de atender las necesidades de la Armada, para asegurar el comercio y la defensa frente a una posible contraofensiva inglesa. En 1589 recibió el encargo de fabricar seis galeones en Deusto, en la ría de Bilbao, para la Armada, de los doce que debían fabricarse. Entre 1589 y 1598 llegó a ocuparse de la construcción de treinta galeones y dos galizabras. Como premio a su labor, fue nombrado *Superintendente de fábricas y arqueamiento de navíos y conservación de montes y plantíos en el Señorío de Vizcaya,* oficio que desempeñó hasta su muerte. Reanudó su actividad constructora en 1617, fabricando cuatro galeones para el servicio de la Armada y los dos años siguientes, 1618-19 asistió a la fábrica de la escuadra de Vizcaya y a los arqueos. Murió cuando supervisaba las fábricas del general Vallecilla y las de Martín de Aróstegui. [IVM]

Ondériz, Pedro Ambrosio (Villanueva de los Infantes, h. 1555 – Madrid, 1595). Matemático, cosmógrafo y cartógrafo. De condición hidalga, estudió con el humanista matemático Pedro Simón Abril. Fue enviado a Lisboa en 1581 para aprender cosmografía y matemáticas, y en 1583, fue nombrado ayudante de Lavaña en la recién fundada Academia Real Matemática, para traducir al castellano los libros necesarios para los alumnos. En menos de tres años tradujo los tratados más importantes de la geometría griega: los libros XI y XII de los *Elementos* de Euclides, los *Esféricos* de Teodosio, los *Equiponderantes* de Arquímedes, las *Cónicas* de Apolonio y la *Óptica y Catóptrica* de Euclides (que trata de la geometría de la visión directa y de la reflejada). Solo se llegó a imprimir esta última obra, en 1585, bajo el título de *Perspectiva y Especularia*. Escribió una obra original geográfica, el *Tratado del Uso de los globos* (manuscrita, Universidad de Salamanca). En 1591 fue nombrado profesor de la Academia Real, al trasladarse Lavaña a Portugal; y en 1595, Cosmógrafo Mayor del Consejo de Indias. En 1593 se le encargó dirigir la reforma del Padrón Real y de los instrumentos náuticos de la Casa de la Contratación, pero falleció sin haber concluido esa tarea. [MEP]

Oviedo y de la Bandera, Juan de (Sevilla, 1565 – Bahía de todos los Santos, 1625). Escultor, arquitecto e ingeniero. Sus primeras obras conocidas son como escultor y retablista, hasta que en 1601 comienza a ocuparse de las obras de arquitectura en Sevilla, donde será nombrado maestro mayor en 1603. Además de obras religiosas y efímeras, realizó muchas de arquitectura pública. En un memorial que escribe en 1618 recuerda haber hecho entre otras dos teatros, el Peladero del ganado de cerda, el Matadero del ganado vacuno, reparaciones en el Rastro y Carnicerías, obras en hospitales... además de obras hidráulicas como los husillos para desaguar el agua de lluvia, reparar las atarjeas de los Caños de Carmona y la llegada del agua de la Fuente del Arzobispo a las Alamedas de Sevilla. Tiburzio Spannocchi le dejó al cargo de las obras propuestas para evitar las inundaciones que sufría Sevilla por las crecidas del Guadalquivir. Esta experiencia le llevó a tener encargos como arquitecto militar en las torres y fortalezas costeras de Andalucía y Granada, fortificación de la Mamora, fuertes del Puntal y Matagorda en Cádiz y reconocimiento de las fortificaciones de la frontera francesa. Por todo ello fue nombrado Ingeniero Mayor en la Jornada del Brasil, en la que murió. [ACM]

Paciotti, Francesco (Urbino, 1521-1591). Ingeniero de fortificación de gran fama en toda Europa. Su nacimiento en Urbino, ciudad en la que trabajaron Francesco di Giorgio Martini y el experto militar Francesco Maria della Rovere, unido a la vinculación a esa corte de su familia le llevarían pronto a iniciarse en el estudio de la arquitectura. Discípulo de Girolamo Genga en Pesaro, trabajó desde 1540 en Roma para el papa, y luego en Parma para los Farnesio, siendo maestro de Alejandro Farnesio antes de que este se incorporara a la corte española de su tío Felipe II en Bruselas en 1556. En 1558 entra al servicio del rey de España como Ingeniero General de Flandes, y es nombrado caballero. En 1561 es enviado a España donde hace un proyecto para la iglesia de las Descalzas en Madrid, critica la traza de la basílica del monasterio de El Escorial y hace un diseño, desconocido, para la fortificación de La Goleta. Tras una estancia en Nápoles y Milán como ingeniero de fortificación, trazó sus dos obras más famosas: las ciudadelas de Turín (1564) y Amberes (1567). Esta demuestra la confianza que el duque de Alba tuvo en este ingeniero, pues fue emblema del poder español en los Países Bajos, aunque su sucesor, Bartolomeo Campi, modificara algo la traza. Su hermano Horacio y sus hijos Carlo Emanuelle y Guidobaldo fueron también ingenieros de fortificación. [ACM]

Pérez de Mesa, Diego (Ronda, 1563 – Sevilla, h. 1615). Cosmógrafo, matemático y astrólogo. Estudió Artes en Salamanca (1577-1581) con Jerónimo Muñoz y se graduó como Maestro en Artes. Hacia 1586 ocupó la cátedra de matemáticas y astronomía de Alcalá; en 1591 ganó la cátedra de Salamanca, pero no tomó posesión pues decidió quedarse en Alcalá. En 1595 se trasladó a Sevilla a ocupar una cátedra que creó el Cabildo en colaboración con la Universidad de Mareantes y cuyas lecturas debían hacerse en castellano y no en latín como era obligado en las universidades de la época. Pérez de Mesa explicó astronomía, aritmética, geometría práctica y astrología con sus aplicaciones a la medicina y al arte de navegar. Dejó manuscritos de náutica, astrología, matemáticas y astronomía, conservados en la Biblioteca Nacional y en la de la Universidad de Salamanca. El más importante es *Comentarios de Sphera,* donde define el objeto de la cosmografía y sigue las doctrinas de su maestro, analizando las teorías de Copérnico y Cardano. Otros trabajos suyos son el *Tratado de Astrología de diferentes modos de levantar figuras,* los *303 aphorismos,* el *Libro primero de navegación,* el *Libro y tratado de la Aritmética y arte mayor y algunas partes de Astrología* y el *Libro 1.º y quaderno de la Geometría Practica*, de 1599. [MEP]

Pérez de Moya, Juan (Santisteban del Puerto, Jaén, 1513-Granada, 1597). Matemático y polígrafo. Estudió primero en Alcalá, obteniendo el grado de bachiller en Salamanca. Se ordenó sacerdote. En 1536 obtuvo una capellanía en su pueblo natal, unos años más tarde fue beneficiado de San Marcos de León y en 1590 fue nombrado canónigo de la catedral de Granada. Dedicado en gran parte al estudio de las matemáticas y a las ciencias afines, redactó el conjunto más completo de obras sobre Aritmética, Álgebra, Cálculo Mercantil, Geometría y sobre las aplicaciones de esta a la Cosmografía, Astronomía y Arte de navegar escritas por un autor europeo en el siglo XVI. Las más de sesenta ediciones que aparecieron hasta finales del siglo XVII fueron utilizadas por la práctica totalidad de los estudiantes de las Facultades de Artes españolas, pero también tuvieron gran difusión fuera de las aulas universitarias al estar escritas en castellano, no en latín, y favorecidas por una exposición sencilla aunque rigurosa y totalmente actualizada. La primera en salir a la luz fue *Libro de cuenta* (Toledo, 1554); posteriormente fueron apareciendo *Libro segundo de Aritmética* (Salamanca, 1557), *Compendio de La Regla de la Cosa o Arte Mayor* (Burgos, 1558), *Aritmética práctica y especulativa* (Salamanca, 1562), *Fragmentos Mathemáticos. En que se tratan cosas de Geometria y Astronomia, y Geographia, y Philosophia natural, y Sphera, y Astrolabio, y Navegación, y Reloxes...*(Salamanca, 1568), *Tratado de Matemáticas* (Alcalá de Henares, 1573), *Arithmetica de Moya intitulada manual de contadores* (Alcalá, 1582), *Principios de Geometría* (Madrid, 1584), y *Arithmetica Practica y Speculativa... Agora nuevamente corregida y añadida por el mismo autor muchas cosas* (Granada, 1590). En la BN de Madrid se conserva un manuscrito suyo,

Obras en que se tratan cosas de Aritmética y Geometría y Astronomia y Cosmographia y philisophia natural, fechado en el 26 de noviembre de 1572, y en la de el Monasterio del Escorial otro incompleto, *Arte de Marear,* escrito en 1564. Entre otras obras fue autor de un libro muy reimpreso en su tiempo, la *Philosophia secreta de la gentilidad* (Madrid, 1585), tratado de mitología grecorromana de sesgo humanístico en donde intenta extraer una enseñanza moralizadora de cada mito; también de uno de los primeros textos escritos en defensa de ilustración de las mujeres, *Varia historia de Sanctas e ilustres mujeres* Madrid, 1583), y de otro texto de naturaleza moralizadora, *Comparaciones o símiles de vicios y virtudes* (Alcalá, 1584). [MEP]

Pérez de Vargas, Bernardo. Astrónomo y metalurgista madrileño del siglo XVI. Se sabe que vivió en Coín (Málaga) y murió después de 1569. Su obra más destacada fue *De Re Metallica* (1568), de título idéntico al de la publicada por el alemán Georg Agrícola. Una parte importante de su contenido carece también de originalidad, afirmando el autor que está «recopilado de grandes escrituras», pero divulgó conocimientos metalúrgicos en un país en el que no se había publicado ninguna obra destacada sobre el tema. Combina los aspectos teóricos, de clara filiación alquímica, con la práctica del tratamiento de los minerales. Destacan las tempranas descripciones de arsénico, antimonio y manganeso, elementos muy poco conocidos, a la par que llama la atención la total ausencia de referencias al procedimiento de la amalgamación, ya experimentada en España y que contaba con más de diez años de trayectoria. Existe una tardía traducción al francés en 1743. [JSG]

Porter y Casanate, Pedro (Zaragoza, 1611-¿1661?). Marino, militar y cosmógrafo, caballero del hábito de Santiago. No se conocen datos ciertos sobre su vida hasta 1627, fecha en que embarcó como soldado en la Real Armada. En 1628 recorrió las costas españolas al servicio del Almirante don Francisco de Valdecilla. Entre 1629 y 1630 hizo su primer viaje a América, en la Armada de don Fadrique de Toledo. En 1631 fue nombrado alférez de la compañía de don Gaspar de Carasa y en 1632 realizó su segundo viaje a las Indias al servicio de Antonio de Oquendo, que en 1634 le nombró capitán de mar y guerra y cabo de infantería. Tuvo el gobierno de las provincias de Sinaloa y de sus presidios y fronteras (1647-1651), y de Chile (1656-1661), aunque su acción más relevante está relacionada con la exploración y demarcación de California, en tres viajes realizados a partir de 1643. La mayor parte de la obra de Porter se ha perdido o permanece inédita, como un *Diccionario náutico* y una *Hidrografía General*; pero se publicó un pequeño aunque sustancioso libro, *Reparo a errores de la Navegación* (Zaragoza, 1634), escrito con claridad, en el que critica la práctica en ese momento y lamenta la decadencia que de la náutica española en el siglo XVII. [IVM]

Ravenna, Benedetto da (Rávena, ¿1485? – Sevilla, 1556). Ingeniero de fortificación. Trabaja especialmente en el Mediterráneo. En 1510 está con Pedro Navarro en Trípoli y en 1517 viene a España. En 1522 interviene en la defensa de Rodas del ataque turco, y le es concedida la orden de los Caballeros de San Juan de Jerusalén. Junto con el ingeniero Gabriel Tadino di Martinengo, miembro de la misma orden militar y que llegó a ser Capitán general de Artillería, trabaja para el marqués de Pescara. En 1525 Micer Benedetto regresa a España, donde trabaja en castillos de la nobleza, como Berlanga de Duero, además de en las fortificaciones imperiales de la frontera francesa como Perpiñán, Logroño, Pamplona, San Sebastián y Fuenterrabía, así como en Salsas, en el Rosellón, Rosas y Barcelona. El peligro del corsario Barbarroja le llevó a ocuparse de las defensas de Cádiz y Gibraltar en 1534 en compañía del marqués de Mondéjar. Participó en la Jornada de Túnez en 1535 y se ocupó de su fortificación, así como de las de Bona y Bugía. Junto con Miguel de Arruda visitó la fortaleza portuguesa de Ceuta, y trazó la villa fortaleza de Mazagão. Fue nombrado ingeniero del emperador y reivindicó siempre en su trabajo la capacidad del ingeniero de fortificación frente al poder de decisión de los militares. Murió ciego. [ACM]

Ribero Rada, Juan de (Rada, h. 1540 – Salamanca, 1600). Arquitecto y traductor de Palladio. Oriundo de la localidad trasmerana de Rada y de condición hidalga, nada sabemos sobre su formación, aunque se ha especulado con un hipotético viaje a Italia en su juventud —en particular, a Venecia—. Activo en una amplia área que incluye el antiguo reino asturleonés y Valladolid, fue el responsable de la introducción del lenguaje clásico en muchos de esos lugares. Desempeñó cargos tan prestigiosos como el de maestro mayor de la catedral de Salamanca (a partir de 1589) y a su minerva se deben obras tan destacadas como el claustro y la fachada Norte de la catedral de Zamora (trazados en 1592) o la capilla de Omnium Sanctorum en Ciudad Rodrigo (1595). Artista culto, que reunió una magnífica biblioteca en la que estaban representados todos los textos fundamentales de teoría arquitectónica, lo que aquí interesa remarcar es su labor como traductor de Palladio, cuyos *Quattri libri dell'architettura* había vertido a lengua castellana para 1578 —tan solo ocho años después de la aparición de la *editio princeps* italiana—, aunque su esfuerzo no cosechara las mieles de la imprenta. [JCM]

Ribero, Diego (Portugal, segunda mitad del s. xv – Sevilla, 1533). Cosmógrafo y maestro de hacer cartas e instrumentos de la Casa de la Contratación entre 1523 y 1533. Antes de su nombramiento preparó las cartas necesarias para el viaje de Magallanes. Participó en la junta de Badajoz-Elvás (1524), sobre la línea de demarcación. Diseñó una bomba de metal que, según decía, podía extraer un barril de agua con solo diez emboladas, invento que fue aprobado y utilizado, hasta que se sustituyó por una bomba de madera, más económica. En 1525 Carlos I obsequió al embajador papal con una carta planisferio (Bibl. de Mantua) que se le atribuye; contiene los descubrimientos de Esteban Gómez en 1525 de las costas de América del Norte, desde Terranova al estrecho de Magallanes. Dos planisferios más son: uno anónimo, de 1527, que algunos autores atribuyen a Nuño García de Toreno, y otro con su firma, fechado en 1529: *Carta Universal en que se contiene todo lo que del mundo se ha descubierto hasta ahora,* dividida en dos partes, según el tratado de Tordesillas de 1494. De 1529 se conserva otro planisferio en la Biblioteca Vaticana, quizá su obra más importante. En ella recopila información de las expediciones realizadas hasta ese año: toda la costa oriental de América, desde el Labrador hasta el estrecho de Magallanes, y de la costa occidental, desde el norte de Perú —viajes de Pizarro— hasta Nueva España. [IVM]

Ríos, Gregorio de. Agrónomo activo en el último cuarto del siglo xvi y primero del xvii. Clérigo, en 1589 fue nombrado por Felipe II «Capellán de la Casa del Campo [...] por la buena relación que se me ha hecho de la virtud y ejemplo de Gregorio de Ríos, clérigo presbítero, y la experiencia que tiene de cosas de plantíos y jardines». Es autor de *Agricultura de Jardines, que trata de la manera que se ha de criar, gobernar, y conservar las plantas* (1592), primer libro moderno de jardinería impreso en Europa, en el que se habla con gran autoridad del diseño de jardines, de las plantas —se citan casi dos centenares— y de los cuidados necesarios, en particular de exposición, riego, multiplicación (semillas, esquejes, acodos e injertos), abonado y plagas. Por los topónimos citados y giros lingüísticos usados, se piensa que De los Ríos fue persona relativamente sedentaria, natural del entorno de Madrid. No habiéndose publicado en España ningún otro libro sobre jardinería en los ss. xvii-xviii, su *Agricultura* fue consulta obligada hasta el xix. La edición de 1620 se completó con un tratado, escrito en torno a 1609, que incorpora una quincena de «árboles mayores», «en que se ponen documentos para su beneficio, aumento y conservación», y que trata de agricultura en general (de granja, huerto y bosque), con informaciones de otros autores. [MSS]

Rojas, Cristóbal de (¿Toledo?, h. 1555 – Cádiz, 1614). Arquitecto e ingeniero militar. Hasta 1584, trabajó en El Escorial a las órdenes de Juan de Herrera. En 1585 hizo una presa de difícil cimentación sobre el río Guadajoz, realizada para la rehabilitación de un molino harinero. Nombrado maestro mayor de las fábricas de Sevilla, realizó varias obras de arquitectura en dicha ciudad. Colaboró allí

con Tiburzio Spannocchi, quien lo orientó hacia la ingeniería militar, recibiendo en 1588 el encargo de inspeccionar las fortificaciones de Pamplona. Pasó luego a trabajar en las defensas gaditanas y, en 1591, a Bretaña con el ejército de Juan del Águila. Desde allí remitió en 1595 un informe sobre una nueva forma de fortificación, lo que le valió pasar a Madrid a explicar en la Academia Real Matemática y la publicación de su libro *Teoría y práctica de la fortificación* (1598). Volvió a Cádiz y, en 1611, trazó los planos de las plazas de Orán y Mazalquivir. En 1613 fue nombrado capitán ordinario y se incorporó a la expedición de La Mamora. Sintiéndose enfermo regresó a Cádiz, donde falleció el 12 de octubre de 1614. [FSR]

Rojas y Sarmiento, Juan de (Monzón de Campos, Palencia, h. 1510- Tracia?). Matemático y militar. Fue el hijo segundo del Juan de Rojas, primer Marqués de Poza, y de Marina Sarmiento, hermana del cardenal Pedro Sarmiento, obispo de Palencia. Estudió en la Facultad de Artes de Valladolid y después, posiblemente en el séquito del Emperador Carlos V, pasó a los Países Bajos en 1543. En Lovaina, su afición a las matemáticas y a la cosmografía le llevó a tomar lecciones de Gemma Frisius, hasta su regreso a España dos años más tarde, y a conocer al matemático Hugo Helt, con quien mantuvo relación durante años. A su vuelta a España, acompañado de Helt, siguió con sus estudios y escribió en latín *Commentariorum in Astrolabium quod planisphaerium vocant,* que se publicó en París en la imprenta de M. de Vascosou en 1550 y se reeditó al año siguiente. Describe el fundamento y construcción de un nuevo astrolabio universal, basado en una proyección ortográfica de la esfera celeste sobre el coluro de los solsticios inspirada en el *Analemma* de Ptolomeo. El nuevo instrumento, conocido como «astrolabio de Rojas» y que gozó de reconocimiento europeo, debe ser atribuido tanto al noble palentino como a Hugo Helt, como señala el propio Rojas en el prefacio de su obra. Ningún otro texto salió de la pluma de este autor, pues casi de inmediato abandonó las tareas científicas para dedicarse a la milicia, aunque siguió manteniendo relación epistolar con Hugo Helt durante años. Del último período de su vida se conoce muy poco, quizás porque estuvo empañado por los trágicos sucesos sufridos por varios de sus hermanos y sobrinos, procesados y condenados en 1557 por luteranismo. Algunos historiadores señalan su fallecimiento en el curso de una campaña militar en Tracia, aunque sin precisar la fecha. [MEP]

Rubián, Juan Alonso. Militar, maestro mayor e ingeniero de fortificación. En 1596 llevaba setenta años al servicio del emperador y luego de su hijo Felipe II. Como militar estuvo en las Indias, en Nápoles, África, Siena, Roma y en la guerra de Granada contra los moriscos. En la Jornada de África fue donde inició su carrera propiamente como ingeniero de fortificación haciendo trincheras, porque tuvo que sustituir al famoso ingeniero Ferramolino, muerto por una bala. Entre 1572 y 1576 sirvió como ingeniero en Gran Canaria, ocupándose de las fortificaciones de Tenerife, Lanzarote, Fuerteventura y La Gomera, donde hizo modelos de madera y dibujos de las fortificaciones. Desde 1578 se incorpora como maestro mayor en Ibiza para llevar a cabo la traza de esa fortificación dada por el capitán Fratin. Algunos de sus dibujos son excelentes ejemplos del sistema de representación y los códigos de colores empleados por los ingenieros del siglo XVI. Pidió plaza con título de ingeniero en 1596. Se enfrentó repetidas veces al gobernador Zanoguera por cuestiones técnicas de la fortificación de Ibiza. En 1597 es destinado a las fortificaciones de Mallorca y muere ese mismo año. [ACM]

Ruiz *el Joven*, Hernán (¿Córdoba?, h. 1514 – Sevilla, 1569). Arquitecto, tratadista y traductor de Vitruvio. Es una figura fundamental del Renacimiento andaluz. Forma parte de una destacada saga cordobesa de profesionales de la cantería que cultivó esta disciplina a lo largo de tres generaciones. Se formó junto a su padre, Hernán Ruiz *el Viejo,* maestro mayor de la catedral de Córdoba, y en 1557 accedió a la maestría de la catedral hispalense, cargo que simultaneó desde 1562 con el de maestro mayor de la archidiócesis y también con numerosos encargos particulares, entre los que sobresale el de la magnífica iglesia del Hospital de la Sangre o de las Cinco Llagas de Sevilla (a partir de 1558).

Traductor del libro I de Vitruvio, es autor de un célebre manuscrito de carácter misceláneo titulado *Libro de arquitectura* (h. 1545-1566), una de las obras de estereotomía más importantes del Renacimiento español, en la que demuestra un amplio conocimiento de las *Regole generali di architectura* de Sebastiano Serlio unida a una extraordinaria capacidad para diseñar iglesias de muy diversas tipologías. [JCM]

Saavedra Barba, Lope de. Médico y metalurgista nacido en Siruela, Badajoz, en la segunda mitad del siglo XVI. Ejerció la medicina en Huancavélica, junto a las minas de mercurio más importantes de América, y trató de mejorar los hornos que en ellas se empleaban, las antiguas jabecas de Almadén mejoradas con algunas innovaciones, como las de Pedro de Contreras. Desde 1620 investigó sobre un nuevo tipo de horno, que en 1637-38 comenzó a sustituir a las antiguas jabecas. El principio en que se basan los de Saavedra está en los antiguos de alúdeles, que consistían en un depósito en el que se colocaba el mineral descansando sobre una red, debajo de la que se ubicaba el fuego. De la parte superior del horno salía un conjunto de caños enchufados a él que producían un enfriamiento y condensación del vapor de mercurio y permitían la salida del anhídrido sulfuroso de la combustión. Este tipo de hornos se había usado en los laboratorios alquímicos en pequeña escala. Lo que Saavedra aporta, además de la posibilidad de su uso industrial, son innovaciones esenciales en su diseño. Para calibrar la importancia del procedimiento de Saavedra baste decir que todos los procesos de beneficio de cinabrio usados hasta nuestros días tienen como base los principios del introducido por el médico pacense. Los hornos fueron llevados a Almadén por Juan Alfonso de Bustamante, que injustamente les prestó su nombre para la posteridad. [JSG]

Sagredo, Diego de (nac. h. 1490-1528). Tratadista y arquitecto aficionado. Bachiller en Artes por la Universidad de Alcalá de Henares y clérigo, llegó a servir al cardenal Cisneros como capellán. Viajero a Italia h. 1518-1521, visitó Roma y Florencia para conocer los grandes monumentos de la Antigüedad y la realidad arquitectónica italiana del momento. A su regreso se instaló en Toledo, donde está documentado ya en 1522 al servicio de la catedral primada en cometidos de índole diversa y donde permaneció hasta su muerte. Es autor de las *Medidas del romano* (Toledo, 1526), una obra que pese a sus limitaciones ofrece el interés de ser el primer libro sobre arquitectura clásica publicado fuera de la Italia del Renacimiento que, además, se traduciría al francés en 1536. Evidencia una concepción ornamental del lenguaje arquitectónico, en la que apenas tiene cabida el estudio de su sintaxis, y ha sido definido como un tratado de elementos de arquitectura antigua. De inspiración vitruviana, junto a diversas ediciones del tratadista romano Sagredo empleó para su elaboración el *De re aedificatoria* de Leon Battista Alberti, la *Naturalis Historia* de Plinio el Viejo y el *De divina proporcione* de Luca Pacioli. [JCM]

Salazar, Diego de (Toledo, 1475c – Toledo (?), post. 1550). Militar y escritor. Luchó en Italia en el ejército de Gonzalo Fernández de Córdoba. En 1509 fue nombrado Jefe de las gentes de Toledo, que organizó el Cardenal Cisneros para la conquista de Orán, y pocos años más tarde aparece con el grado de Capitán aunque no se conozca en qué campañas participó. En 1523 participa en un proyecto de puesta en marcha de un sistema de regadío mediante la desviación de unos ríos en la comarca de Aranjuez. Una vez retirado de la vida militar se dedicó a escribir y a la traducción de obras italianas al español. En 1536 publicó su *Tratado de Re Militari* en Alcalá de Henares. En el mismo año y ciudad apareció su traducción de *Historia de todas las guerras civiles que hubo entre los Romanos.* En 1547 se publica en Toledo *Arcadia de Jacobo Sanazaro gentilhombre napolitano; traduzida nuevamente en nuestra lengua española, en prosa y metro.* Salazar fue el traductor de los versos de esta versión castellana, y realizó la misma labor en la edición castellana del *Filocolo* de Boccacio, que vio la luz en Toledo en 1546, donde se reeditó en 1549, y en Venecia en 1553. [MEP]

Sánchez Cerrudo, Alonso (Alange, ? – Madrid, 1599). Inventor. Clérigo de origen extremeño, fue vecino de Alange. En 1580, siendo capellán de la Casa Real de Campo de Madrid, inventó varios tipos de grúas, molinos de minerales y de harinas, que patentó con destino a América ante el Consejo de Indias. Entre ellos había un molino de regolfo totalmente cerrado y funcionado a presión con un difusor en forma de sifón, que puede considerarse un precedente de las actuales turbinas a reacción. Instaló estos molinos en El Escorial, en un edificio proyectado por Francisco de Mora. Hizo nivelaciones y ensayos para realizar molinos en el entorno de Valladolid por encargo de los frailes de San Benito y construyó algunos en Zaratán, Santiago del Arroyo y en el monasterio vallisoletano de Nuestra Señora de Prado. [NGT]

Santa Cruz, Alonso de (Sevilla, 1505-1567). Matemático, cosmógrafo, cartógrafo, astrónomo e historiador. Participó en 1526 en la fallida expedición de Sebastián Caboto a la búsqueda de la Especiería o islas Molucas, regresando a Sevilla en 1530, convertido en un experimentado cosmógrafo y constructor de instrumentos náuticos. Desarrolló una larga vida profesional en la Casa de la Contratación. Fue nombrado cosmógrafo en 1536 y asesoró al Consejo de Indias en numerosas cuestiones. En 1540 fue designado Contino de la Casa Real. Viajó a Lisboa, para recabar información sobre los mapas portugueses, donde mantuvo relación con João de Castro y Pedro Nunes. Felipe II le nombró cosmógrafo real. Entre sus obras figuran una *Crónica de los Reyes Católicos* y otra *Crónica del Emperador Carlos V*; el *Libro de las longitudes*, donde analiza los métodos para determinarla; un *Islario General*, con numerosos mapas; el *Astronómico Real*, que contiene una traducción del *Astronomicum Caesareum* de Pedro Apiano, con unas *Teóricas de los Planetas* y un *Repertorio de los tiempos*, que se conserva en la Biblioteca de la Universidad de Salamanca. De los dos últimos intentó apropiarse Andrés García de Céspedes. Además es autor de una gran obra cartográfica. Alonso de Santa Cruz solo llegó a ver publicada una de sus obras, una traducción de la *Crónica de España* de Francisco Tarapha (1562), por lo que no se ha valorado suficientemente su extraordinario mérito. [IVM]

Settala (o Setara), Giovan Giorgio (Milán, 1520 – Perpiñán, 1590). Cosmógrafo, cartógrafo e ingeniero de fortificación. Discípulo de Gian Maria Olgiati, desde 1555 se ocupó de fortificaciones en Lombardía. Como pintor y cosmógrafo trabajó para don Alfonso de Ávalos, marqués del Vasto, para quien hizo en 1539 el libro *Tutto l'Universo*, que inspiraría una serie de tapices para el marqués que fueron admirados por Carlos V, quien en 1542 nombró a Setara cosmógrafo imperial. Hizo un mapa del estado de Milán, impreso en 1560, y que en 1570 utilizará Ortelio en el *Theatrum Orbis Terrarum*. En 1564 llega a España como ingeniero del rey y en julio de 1565 es destinado a la fortificación de Perpiñán. La traza que Jorge Setara sobre el estado de esta ciudadela en 1571 es buen ejemplo del dibujo de los ingenieros, como lo son sus proyectos de torre para los Alfaques de Tortosa. Como cartógrafo conservamos de sus años en España su traza de los montes de Valencia de 1589, vista corográfica de la zona hecha con la finalidad de informar sobre los caminos y los bosques de la zona para la fabricación de barcos. Se le ha atribuido una desconocida *Hispania Universa Tabulis expressa* dedicada al emperador. En sus últimos años en España pidió constantemente permiso para regresar a Milán a ver a su familia. [ACM]

Siloe, Diego de (¿Burgos?, h. 1487 – Granada, 1563). Escultor y arquitecto. Hijo del escultor Gil de Siloe, se formó en esa disciplina junto a su padre para enrolarse más tarde (1505-1508) en el taller burgalés de Felipe Bigarny. Entre 1509 y 1518 efectuó un trascendental viaje formativo a Italia, con probabilidad junto a Bartolomé Ordóñez y centrado básicamente en Nápoles. En 1519 reaparece en Burgos para realizar encargos tan innovadores como la Escalera Dorada (1519-1522) y el sepulcro tumular (1519-1520) del obispo Luis de Acuña, ambos en la catedral. En 1528 se establece en Granada, donde se dedicará preferentemente a la arquitectura. Allí completará la cabecera de

San Jerónimo, mausoleo del Gran Capitán (iniciada por Jacopo Torni en 1523), proyectará la nueva catedral (a partir de 1528) granadina e intervendrá en el diseño de otras próximas (Málaga y Guadix), llegando a crear con el tiempo una auténtica escuela. Más allá de sus destacadas contribuciones al campo de la escultura, Diego de Siloe desempeñó un papel capital en la introducción de la arquitectura renacentista en España gracias a su inigualable capacidad para acomodar el nuevo sistema *a la antigua* a los usos hispanos. Es, quizás, el arquitecto más importante de nuestro Quinientos. [JCM]

Sitoni (o Sitón), Giovanni Francesco (Milán, 1532-1608). Ingeniero. Participó en la construcción de la catedral de Milán como ingeniero y agrimensor (nivelador o topógrafo), y quizás también en los canales de la Lombardía, donde terminó siendo nombrado «Ingegnero publico di Milano et della Regia et Ducal Camera». Llamado por Felipe II, vino a España en 1566 para «entender sobre el proseguir de la fábrica de la Acequia Imperial de Aragón», ya que las aguas no llegaban a la Almozara zaragocí; permaneció en Aragón hasta 1568. En 1569 realizó una nivelación para el Canal de Colmenar, obra que dirigió hasta 1572, en que regresa a Milán. En 1578 informa sobre proyectos de regadíos en torno al Segre y en Urgel, retornando definitivamente a Italia a finales de 1579. Trabajó como asesor en el Fuerte de Fuentes (lago de Como) y el palacio del Duque de Terranova. Dejó un manuscrito, *Trattato delle virtù et proprieta delle acque, del trouarle, eleggerle, liuellarle, et condurle, et di alcunialtre sue circonstanze* (1599), donde se titula ingeniero del rey de España y duque de Milán. Disfrutó de un elevadísimo salario, que no se justifica por su obra conocida. En su dimensión técnica sufrió ataques por Juan de Herrera. Muy apreciado por Felipe II, es posible que realizara tareas alternativas, de tipo diplomático, dada su vinculación con los Setons, una poderosa familia aristocrática escocesa. [MSS]

Soto, Jerónimo de (?, h. 1570 – Madrid, 1629). Ingeniero de fortificación. Desde 1584 se formó como entretenido al lado de Tiburzio Spannocchi, siendo su gran discípulo y su hombre de confianza. Fue normalmente quien llevó a la corte las trazas y relaciones del ingeniero para poderlas explicar ante el rey y su Consejo de Guerra. Un año antes de su muerte, Spannocchi le pidió a Felipe III el título de ingeniero para Soto, lo que obtendrá en marzo de 1606, poco después de la muerte de fray Tiburzio, de quien heredó los planos y modelos. En 1613 fue nombrado capitán de infantería. Además de fortificaciones se ocupó de obras hidráulicas, como informar de la navegación del Pisuerga. Intervino, entre otras, en las fortificaciones de Fuenterrabía, San Sebastián, La Coruña, Cádiz, Gibraltar, Larache y Palma de Mallorca. Es uno de los pocos ingenieros de fortificación de los que se conoce su biblioteca, 124 libros entre los que hay obras sobre todo de carácter científico: Euclides, Ptolomeo, Apiano, Sacrobosco, Chaves, Vitruvio, Alberti, Palladio, Serlio, Vignola, Tartaglia, Cataneo, Lanteri, della Valle, Tetti, González de Medina Barba, Cristóbal de Rojas, Lechuga, Firrufino, García de Céspedes, Biringuccio, Agrícola... nombres que muestran las frágiles fronteras profesionales entre arquitectura militar y arquitectura pública, así como con la ingeniería, en el Renacimiento. [ACM]

Spannocchi, Tiburzio (Siena, 1541 – Madrid, 1606). Ingeniero de fortificación con sólida formación científica y artística. Al servicio de Felipe II en los territorios italianos, vino a España en 1580 concentrando su actividad en la extraordinaria política defensiva peninsular (Fuenterrabía, La Coruña, Cádiz, Lisboa...). Intervino en las trazas de diversas fortificaciones de ultramar, e incluso como ingeniero hidráulico, al abordar el difícil problema de las periódicas inundaciones de Sevilla. Tras las «alteraciones» de Antonio Pérez llegó a Aragón, donde residió por importantes periodos entre 1592 y 1594. Realizó informes y trazas para construcciones defensivas en el Pirineo. De especial relevancia fueron el Castillo de San Pedro (ciudadela de Jaca) y su actuación en la Aljafería. En abril de 1601, Felipe III le nombra Ingeniero Mayor, a las órdenes del Consejo de Guerra y del

Capitán General de Artillería. Su sueldo llegó a ser astronómico, muestra de su gran prestigio. Además de innumerables dibujos de excelente calidad, legó la *Descripción de las marinas de todo el Reino de Sicilia* (h. 1578), de valor no solo estratégico, sino también geográfico y socio-económico. Entre sus discípulos sobresalen los ingenieros militares Leonardo Turriano, Cristóbal de Rojas y Jerónimo de Soto. [MSS]

Terzi, Filippo (Pesaro, ? – Portugal, 1597). Ingeniero de fortificación y artillero. Formado en Urbino y sobre todo en Pesaro con Girolamo Genga, allí diseñó el palacio Bonamini. Llega a Portugal en 1577 para servir al rey don Sebastián, a quien acompañó en la campaña de Alcazarquivir como capitán de artillería. El rey murió y él fue hecho prisionero. Una vez rescatado, en 1579 se ocupa de las fortificaciones de la barra del Tajo. En 1580 toma partido por Felipe II e informa al duque de Alba sobre la forma de entrar en Lisboa. Entiende la arquitectura en el sentido vitruviano, e interviene en obras tan significativas para el Renacimiento portugués como San Vicente da Fora, atribuida también a Juan de Herrera y a Baltasar Álvarez e iniciada en 1584, y en 1582 traza el famoso Torreón del Paço da Ribeira, ambas obras en Lisboa, así como las arquitecturas efímeras para la entrada triunfal de Felipe II en la ciudad en 1581. Hizo modelos o maquetas de las fortificaciones portuguesas, en las que siguió trabajando al servicio de España, dando trazas para fortificar Viana, Oporto, Sagres o San Felipe de Setúbal, donde demuestra la capacidad para adaptar al terreno una gran fortificación. Fue también constructor de obras hidráulicas, como el acueducto de los Pegões en Tomar. Nombrado en 1590 maestro de las obras reales, Leonardo Turriano será quien le sustituya en sus responsabilidades a su muerte. [ACM]

Texeira, Pedro (Lisboa, c. 1595 – Madrid, 1662). Cartógrafo e ingeniero militar. Se formó junto a su hermano Juan con su padre, el cosmógrafo Luis Teixeira, y posteriormente con Lavaña en Madrid. Ambos hermanos fueron como ayudantes del piloto y cosmógrafo Ramírez de Arellano en la expedición de 1618 al Estrecho de Magallanes. En 1620 participó en la Junta de Cosmógrafos para trazar el mapa de Portugal y desde 1621 en la que debía elaborar el de España y sus costas, dirigidas ambas por Lavaña. Al fallecer este, la responsabilidad de la tarea pasó a Juan Cedillo Díaz, cuyo fallecimiento al año siguiente hizo que Texeira tomase la dirección técnica del proyecto. En la Biblioteca de Viena se halla la bella *Descripción de las costas de España,* fechada en 1634, que no se ha impreso hasta el 2002. Es un atlas de 12 mapas en doble folio del perímetro completo de la costa y otro igual de los Pirineos, junto con un espléndido mapamundi, y numerosas vistas corográficas. Estuvo al servicio de la Artillería en el Consejo de Guerra como topógrafo, levantando planos de fortificaciones y ciudades que le llevaron de un extremo a otro de España, disfrutando del salario de capitán. La labor cartográfica por la que ha pasado a la historia fue su plano de la ciudad de Madrid, que se imprimió en 1656 en Amberes. [MEP]

Toledo, Juan Bautista de (?, h. 1515 – Madrid, 1567). Arquitecto e ingeniero. Formado en Italia, las primeras noticias sobre su carrera lo sitúan en Roma, donde tomó parte en las reformas de Castel Sant'Angelo (1544-1545) junto a Antonio da Sangallo *el Joven* y más tarde intervino en la nueva basílica de San Pedro del Vaticano (1546-1548) auxiliando a Miguel Ángel en calidad de segundo arquitecto. En 1549 pasó a Nápoles, donde trabajó básicamente como ingeniero para el virrey Pedro de Toledo hasta 1559. Tras ser nombrado arquitecto regio (1554, 1559) regresó a España a instancias de Felipe II para prestar servicios en la corte —palacio real de Aranjuez, Alcázar de Madrid, etc.—, encargándose de trazar el monasterio de San Lorenzo el Real de El Escorial entre 1561 y 1563. Jugó un papel capital tanto en la modernización de la especie profesional del arquitecto —en su acepción vitruviano-albertina— en nuestro país como en la introducción del nuevo lenguaje clasicista conformado sobre la obra de Antonio da Sangallo *el Joven,* Miguel Ángel y, en menor medida, también

la de Vignola que caracteriza a una parte significativa de la arquitectura hispana del último tercio del siglo xvi. [JCM]

Turriano, Juanelo (Cremona, h. 1500 – Toledo, 1585). Relojero, astrónomo, matemático e ingeniero. Su nombre era Giovanni, aunque en Italia se le conocía por «Giannello», que derivó en Juanelo cuando llegó a España. Trabajó en el taller de su padre Gerardi Turriano y entró luego como aprendiz en unos talleres de relojería de Cremona, hasta que se instaló en Milán con taller propio. La ciudad de Milán le encargó en 1530 arreglar el famoso planetario de Giovanni Dondi para regalarlo a Carlos V con motivo de su coronación. El estado del mecanismo impedía su reparación, pero Juanelo hizo un reloj planetario aún mejor, que causó la admiración del emperador, quien le tomó a su servicio y le encargó otro reloj astronómico con paredes de cristal para ver el interior, llamado «el cristalino». Juanelo fue de los pocos servidores que acompañaron a Carlos V en Yuste, donde ambos pasaban mucho tiempo observando y reparando relojes. A la muerte del emperador, pasó al servicio de Felipe II, encargándose de hacer instrumentos para la reforma del calendario y de informar sobre diversas obras de ingeniería. La máquina de Juanelo más famosa fue el celebrado «artificio» para elevar el agua desde el Tajo hasta el Alcázar de Toledo. Los problemas del artífice con la ciudad y el retraso del pago de las obras por parte del rey provocaron que Turriano terminara endeudado y muriese en la miseria. Sin embargo, su fama se convirtió en leyenda. [NGT]

Turriano (o Torriani), Leonardo (Cremona, h. 1559 – Lisboa, 1628). Ingeniero de fortificación, excelente dibujante y hombre con una gran formación humanística. Formado en Urbino, trabajó para el emperador Rodolfo II de Praga antes de entrar al servicio de Felipe II en 1582. Cremonés, lo mismo que Juanelo Turriano, no fue sin embargo familiar suyo hasta donde sabemos, aunque algunos autores le han considerado su sobrino o incluso hijo natural. Entre 1584 y 1593 se ocupa de las fortificaciones de las islas Canarias, básicas en la defensa de la Carrera de Indias, en cuyas obras combina baluartes con tenazas. Destinado a Manila en 1589, no llega a ir. De los años en Canarias es fruto la fantástica *Descripción* de esas islas, en la que refleja su formación de ingeniero, geógrafo, historiador y dibujante. Hizo otra *Descripción* de Orán, tras su visita en 1594 a esas fortificaciones. En 1598 fue nombrado Ingeniero Mayor de Portugal, cargo que tuvo hasta su muerte en 1628. Experto también en obras hidráulicas, se ocupó de la navegación del Guadalete y propuso reutilizar el antiguo acueducto romano en Lisboa. Entre 1602 y 1622 hizo 48 magníficos diseños de máquinas para la limpieza y dragado de la barra del Tajo. Sus hijos fueron también ingenieros y arquitectos: Diogo fue enviado a Flandes en 1632 como ingeniero de fortificación y fray João, benedictino y arquitecto, llegó a ser Ingeniero Mayor de João IV. [ACM]

Tuxarón (Tuxaroo, Truxarón), Guillén (Castetbon, ? – Zaragoza, 1583). Metalista e ingeniero de origen francés, llegó a la capital aragonesa en 1547. Se denominó estañero, buyador o maestro de hacer campanas, pero a partir de 1582 pasó a firmar como «magnífico Guillén de Tuxarón, infanzón». Miembro de la importante colonia bearnesa en Zaragoza, contrata diversos aprendices y se relaciona con múltiples mercaderes de ese origen. Amigo del fustero e ingeniero Jaime Fanegas, fue su fiador (mantenimiento del puente del Gállego, 1567), albacea de su testamento (1573) y posible comprador de su magnífica biblioteca. Participa, aunque tangencialmente, en la construcción del molino de regolfo del Conde de Sástago en Pina (1555), al parecer diseña el de Daroca (1564) y diseña y construye el de Zaragoza (1566-67). Industrial emprendedor, constituye además sociedades con el objeto de fabricar ingenios para elevar aguas (1555), arcabuces (1570), el puente del Gállego (con los canteros Landerri y Zumista, 1578) o molinos de mano (con Giacomo Valerio, poseedor de una patente, 1581). Por otro lado, como el más destacado rejero aragonés del Renacimiento, realiza las rejas de las capillas de San Bernardo (1552-56) y de Zaporta (1570-75), en la Seo zaragozana. En

1579, en cooperación con Pompeyo Leoni, comienza a fundir en bronce las de El Escorial, que serían terminadas por su hijo Hernando, «maestro de rexas de su Majestad», en 1590. [MSS]

Ufano, Diego de. Ingeniero militar y artillero. Oriundo de Yepes, Toledo, introdujo importantes innovaciones técnicas, entre ellas un tren de puentes y una barca-puente doble. Sirvió a las órdenes de Luis de Velasco, general de la artillería en Flandes. Es autor del *Tratado de Artillería y uso de ella practicado en las guerras de Flandes* (Bruselas, 1613), reeditado tres años más tarde. En parte basado en el texto de Collado de Lebrija, publicado en 1592, fue traducido al francés por Teodoro de Bry (Fráncfort, 1614) y al alemán. Reimpreso en varias ocasiones, sirvió de modelo a otras obras. Con interesante tratamiento de la balística, dio a luz a una clasificación de los muy diversos tipos de artillería existentes en el siglo XVI, contabilizando hasta 160 bocas de fuego diferentes. [PMP]

Vandelvira, Andrés de (Alcaraz, h. 1505 – Jaén, 1575). Arquitecto y tratadista. Es una de las figuras más originales e influyentes de la arquitectura andaluza del Renacimiento, que aprendió las técnicas del corte de la piedra junto a Francisco de Luna, un modesto cantero con cuya hija contrajo matrimonio. Su etapa de madurez principia con su instalación en Úbeda en 1540 para hacer frente a la construcción de la iglesia del Salvador, mausoleo del secretario imperial Francisco de los Cobos, trazada por Diego de Siloe —cuya huella es muy evidente en la obra de nuestro arquitecto— y que Vandelvira había contratado en 1536 junto con Alonso Ruiz. Desde 1554 dirigió la fábrica de la nueva catedral de Jaén, su obra más importante, en la que levantó una espléndida y personalísima sacristía (1554-1575) y al frente de la que permaneció hasta su muerte. Es autor de uno de los libros de estereotomía más notables del Renacimiento español que, al parecer, circuló con profusión en las últimas décadas del siglo XVI y ha llegado a nosotros en la compilación preparada por su hijo y compañero de profesión Alonso de Vandelvira. [JCM]

Vedel (Bedel), Pierres (Usbues, ? – Albarracín, 1567). Ingeniero y arquitecto de origen francés, trabajó durante largo tiempo en España. Contratado por concejos e instituciones eclesiásticas, actuó en las provincias de Teruel y de Zaragoza en el tercio central del siglo XVI. Probablemente residiera primero en Navarra, donde casó con Clara Vizcarret. En Aragón está documentada su actuación en 1537, aunque parece ser que trabajó antes en la iglesia de Fuentes de Ebro (h. 1535). Vedel terminó arraigando en Albarracín, en cuya catedral realizó importantes trabajos, además de trazar y casi culminar la ejecución de la iglesia de Santa María (donde fue enterrado). Al decir de sus hijos, entre sus «obras eroycas» se destacan tres de ingeniería: la Mina de Daroca (1555-58), el acueducto-viaducto de los Arcos de Teruel (1537-1558), el más importante acueducto renacentista español del siglo XVI, y la consolidación de la torre de San Martín de esta ciudad, que en 1549 presentaba riesgo claro de ruina. Su epitafio refleja sus dos obras más prestigiosas en el momento: «Hizo la mina de Daroca y los Arcos y Fuentes de Teruel». [MSS]

Vellerino de Villalobos, Baltasar (¿Sevilla?, act. segunda mitad s. XVI). Navegante y religioso jesuita. En 1569 embarcó para América en uno de los buques de la escuadra de Cristóbal de Eraso. Allí conoció las técnicas de navegación, pues se sabe que hizo un viaje desde Acapulco al mar del Sur en persecución de Drake. A su vuelta a España, ingresó en la Compañía de Jesús, en la que fue colegial fundador, vicerrector y rector de algunos colegios. A instancias del presidente del Consejo de Indias, de quien fue mayordomo en México, comenzó a componer su obra *Luz de navegantes donde se hallarán las derrotas y señas partes marítimas de las Indias, Islas y Tierra Firme del Mar Océano* (1592), a partir del *Itinerario de navegación de los mares y tierras occidentales* de Juan Escalante de Mendoza, de la que puede considerarse un plagio, y que motivó la denuncia del hijo de Escalante. Vellerino ordenó los datos y suprimió lo superfluo a un puro derrotero. Pero ninguna de

las dos obras llegó a publicarse, debido a la detallada información que contenían. El manuscrito de Vellerino, acompañado de planos, mapas y vistas, se conserva en la Biblioteca de la Universidad de Salamanca. [IVM]

Vera, Diego de (Ávila, mediados del siglo xv – ¿Manzaneros?, post. 1524). Artillero. Marchó a Italia con Gonzalo Fernández de Córdoba, distinguiéndose en diferentes batallas (Garellano, entre otras) al mando de la artillería. Regresa a España con el Gran Capitán y los Reyes Católicos le nombran Capitán de la Artillería en 1508. Como Jefe Superior de la Artillería estuvo con Pedro Navarro en Orán y en la toma de Bugía, y tras participar en la toma de Trípoli y la conquista de Navarra, fue recompensado en 1515 con el nombramiento de Alcaide de Fuenterrabía. [PMP]

Vespucci, Américo (Florencia, 1454 – Sevilla, 1512). Navegante y cartógrafo. Formado en Italia, llegó a Sevilla en 1492 como *marchante*, trabajando con el banquero Juanoto Berardi, amigo y financiero en parte de los viajes de Colón. Navegante desde 1496, adquirió conocimientos náuticos que se ponen de manifiesto en sus célebres «cartas vespucianas». Afincado de nuevo en Sevilla en 1505, en la Junta celebrada en Burgos en 1508, con la participación de Pinzón, Juan de la Cosa y Díaz de Solís, se decidió crear el oficio de piloto mayor de la Casa de la Contratación y se designó de entre todos ellos a Américo Vespucci, cargo que ocupó hasta 1512. Tuvo su pequeña leyenda negra en España, por habérsele dado su nombre al continente cuyo descubrimiento se debe a Colón, y porque informó con demasiada facilidad de sus viajes y experiencias náuticas a sus viejos patrones, los Médicis, por medio de las cartas mensajeras, enviándoles copias de las cartas trazadas por él o bajo su dirección. La importancia de Vespucci se debe a que las descripciones que publicó en 1503 y 1505 ofrecieron en Europa la primera imagen geográfica del Nuevo Mundo; en 1506 o 1507, el cartógrafo Martin Waldseemüller obtuvo una copia manuscrita de una *Lettera* de Vespucci y como consecuencia de ello dio el nombre de América a la parte meridional de los dos nuevos continentes. [IVM]

Villalpando, Francisco de. Arquitecto, maestro de rejería y traductor de Serlio, activo entre 1530 y 1559. Nacido hacia 1510, forma parte de la familia Corral de Villalpando, una prolífica a la par que singularísima saga de profesionales de la construcción, activa en la región de Tierra de Campos en el tercio central del siglo xvi. De su labor como maestro de rejería sobresale la ejecución de la gran cancela que clausura la capilla mayor (1540-1548) de la catedral de Toledo y los púlpitos (1548) que la flanquean; entre sus tareas arquitectónicas, su intervención en la obras del Alcázar de Toledo (a partir de 1550) y como tracista de la portada del Colegio de Infantes (1555) de esa ciudad. No obstante, su contribución más destacada fue la traducción de los libros III y IV de las *Regole generali di architectura* de Sebastiano Serlio (Toledo, 1552; reeditados en 1563 y 1573), un texto fundamental que según el autor ya tenía ultimado para 1548, dirigido tanto a los *príncipes* como a los *artífices,* y que desempeñó un papel capital en la divulgación del pensamiento vitruviano entre los profesionales hispanos de la arquitectura y las artes plásticas, al poner a su disposición un verdadero y exhaustivo muestrario de la arquitectura clásica. Murió en 1561. [JCM]

Wyngaerde, Antón van der (¿Amberes?, h. 1525 – Madrid, 1571). Pintor-«topógrafo». También llamado Antonio de las Viñas o de Bruselas, fue el mejor dibujante de vistas urbanas de su época. Trabajó en los Países Bajos, Francia, Italia e Inglaterra, entre aproximadamente 1544 y 1561-62, en que Felipe II lo nombró pintor de cámara y le ordenó confeccionar una colección de vistas de ciudades españolas, complemento de los programas de descripción de los territorios de la monarquía. En su mayoría eran vistas oblicuas, imposibles por su punto de observación, realizadas mediante construcciones geométricas elaboradas, parece ser, sin instrumentos topográficos. Como artista se permitió algunas licencias, girando o amplificando algún edificio representativo. Christoph Plantin

abordó en Amberes la impresión de un atlas de ciudades con sus dibujos y con textos, entre otros, del arquero Enrique Cock. No se llevó a cabo, pero se conocen varias de las planchas en cobre, realizadas por otros artistas copiando dibujos suyos. De haberse realizado, el atlas de Wyngaerde, con vistas muy naturalistas, hubiera hecho palidecer al más «escenográfico» *Civitatis Orbis Terrarum*. Rodrigo de Holanda, pintor de frescos con batallas para El Escorial, posible autor de la célebre vista del monasterio en obras (h. 1576), fue yerno de Wyngaerde y heredero en parte de su oficio. [MSS]

Zamorano, Rodrigo (Medina de Rioseco, 1542 – Sevilla, 1620). Matemático, cosmógrafo y cartógrafo. De familia hidalga, en 1576 Felipe II le nombró Catedrático de Cosmografía y Navegación en la Casa de la Contratación. Es el paradigma del matemático del siglo XVI, pues destaca en astronomía, cartografía, navegación, artes predictivas o astrológicas y arquitectura. Gozó de un gran prestigio. Felipe II le eligió para ocupar simultáneamente los tres oficios científicos de la Casa de la Contratación. Tradujo *Los seis libros primeros de la geometría de Euclides*, que publicó en 1576. En 1581 apareció el *Compendio del arte de navegar*, enciclopedia con todos los temas científicos y técnicos que requerían los pilotos. Se reeditó cinco veces hasta 1598 y fue traducido parcialmente al inglés por Wright en 1610. En 1585 editó su *Cronología y Repertorio de la razón de los tiempos*, que se (tres reediciones), en donde mezcla nociones astronómicas y astrológicas, incidiendo en las relaciones entre las situaciones de los planetas y el padecimiento de enfermedades, la climatología y sobre las cosechas. Como cartógrafo, destacó por la publicación de una *Carta de marear* en 1579, la elaboración de la carta náutica y los instrumentos para la expedición al Estrecho de Magallanes, y por su participación en la reforma del Padrón Real y de los instrumentos de la Casa de la Contratación, entre 1596 y 1598. [MEP]

Zubiaurre, Pedro de (Zenarruza, h. 1541 – Inglaterra, 1605). General de la armada e inventor. Ingresado desde muy joven en la armada, tomó parte en varias expediciones por mar a Flandes, luchó contra los franceses y luego contra los ingleses Durante varios años realizó misiones militares y de espionaje al servicio del duque de Alba y de Felipe II. Hecho prisionero por los ingleses, estuvo confinado en la torre de Londres. En una de sus misiones de espionaje, hizo una maqueta de las bombas hidráulicas que suministraban agua a Londres y estaban bajo patente del alemán Peter Morris; habiendo enviado a su criado a España para instalarlas, este las vendió por su cuenta. De regreso a España, Zubiarre mandó prender a su criado y patentó, en 1603, las bombas hidráulicas para evitar nuevas copias; una de ellas se instaló en ese mismo año en Valladolid, entonces sede de la corte, dando agua al palacio de verano del rey. [NGT]

Índice de ilustraciones

0.1. Una de las tres invenciones presentadas para graduar la elevación de una rueda vitruviana (manuscrito de la Colección Torner, de Barcelona) .. 8

0.2. Dibujos no contenidos en *Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas,* pero si en otras versiones del tratado 9

1.1. Rodrigo Sánchez de Arévalo (1404-1470): *Espejo de la Vida Humana*, Pablo Hurus, Zaragoza, 1491 (Biblioteca Universitaria de Zaragoza) 26

1.2. Juanelo Turriano (Museo Arqueológico Nacional, Madrid) 33

1.3. Martín Cortés, *Breve compendio de la Sphera y de la arte de navegar* (Sevilla, Antón Álvarez, 1551) 34

1.4. Cristóbal de Rojas, en su *Teórica y Práctica de Fortificación* (Madrid, por Luis Sánchez, 1598). 37

1.5. «Máquinas para arrastrar y retirar los fardos», según *Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas* (Biblioteca Nacional, Madrid) 39

1.6. «Máquinas para conducir y elevar las aguas», según *Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas* (Biblioteca Nacional, Madrid) 40

1.7. Instrumentos para nivelación, según *Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas* (Biblioteca Nacional, Madrid). 41

1.8. Tiburzio Spannocchi: *Descripción de las marinas de todo el Reino de Sicilia*, h. 1578 (Biblioteca Nacional, Madrid) 48-49

1.9. Tiburzio Spannocchi (1592): Informe sobre el valle y el castillo de Canfranc (Archivo General, Simancas) 52

1.10. Uniforme de los cuerpos de ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, y de Minas (1842); traje académico de los farmacéuticos (h. 1846); y uniforme del cuerpo de ingenieros de Montes (1857) 56

2.1. La Filosofía y las Artes Liberales: copia decimonónica del *Hortus Deliciarum* (Saarländisches Schulmuseum) 68

2.2. Artes mecánicas: cerrajero y herrero. Dibujo alemán a mano alzada (1580) 74

2.3. Lección de medicina: Andrés Vesalio, *De humani corporis fabrica* (1543) 77

2.4. Juan Luis Vives (Valencia, 1492-1540) 81

2.5. Petrus Ramus (Pierre de la Ramée, Cuts [Soissons], 1515-1572) 84

2.6. Francis Bacon (Londres, 1561-1626) 90

3.1. Azulejos de Manises (s. XV) con emblemas gremiales valencianos: gremio de pelaires (Museo de Artes Decorativas, Madrid); gremio de pasamaneros (Museo Nacional de Cerámica «González Martí», Valencia) 98

3.2. Emblema del gremio de los calafateadores de barcas de Valencia (azulejo de Manises, s. XV; Museo Nacional de Cerámica «González Martí», Valencia) y ergate o cabrestante, según *Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas* (Biblioteca Nacional, Madrid) 101

3.3. Emblemas ingleses de curtidores y dibujo alemán (h. 1580) 107

3.4. Punzones de maestros plateros castellano-leoneses del siglo XVI 110
3.5. Herreros, relojeros, sombrereros y toneleros: *Libro de las Profesiones*, Núremberg, 1568. Grabados de Jost Amman 113
3.6. Molinos de mano y de aceña, según *Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas* (Biblioteca Nacional, Madrid) 117
3.7. Martillo ceremonial del gremio de los herreros, en latón y madera (Reichenberg, 1640) 120
3.8. Círculo del Maestro de Ávila: Construcción de una iglesia dedicada a San Miguel; último cuarto del s. XV (Museo de la Catedral de Ávila) 125

4.1. J. L'Hermite: Vista de los jardines y palacio de Aranjuez, en *Les Passetemps*, 1620 (Bibliothèque Royale de Bruselas) 132
4.2. Filippo Pallota: Fachada del alcázar de Madrid en 1704 (Museo Municipal de Madrid) 135
4.3. Juan Gómez de Mora: Proyecto de presa y diques en la Casa de Campo, 1636 (Archivo de la Villa de Madrid) 136
4.4. Cristóbal de Rojas. «Fábricas y distribución de un nivel para encaminar las aguas», en *Teórica y práctica de fortificación*, Madrid, 1598 149
4.5. Cristóbal Antonelli, Los Alfaques de Tortosa, 1580 (Archivo General, Simancas) 143
4.6. Jerónimo Marqui: Camino de Pamplona a San Sebastián, fines del s. XVI (Archivo General, Simancas) 146
4.7. El Greco: *Vista de Toledo*, h. 1610-14 (Casa Museo de El Greco, Toledo) 147
4.8. Lucas de Heere: *La visita de la reina de Saba al rey Salomón* (Felipe II representa al rey Salomón), Catedral de Gante 147
4.9. Tiburzio Spannocchi: Patti, *Descripción de las marinas de todo el reino de Sicilia*, h. 1578 (Biblioteca Nacional, Madrid). 150
4.10. Retratos de Francesco de Marchi (Biblioteca del Monasterio de El Escorial y Biblioteca Nacional, Madrid) 155
4.11. Francesco de Marchi, fortificación de un puerto (Biblioteca Nacional, Madrid) 156
4.12. Tiburzio Spannocchi: La Aljafería, 1593 (Archivo General, Simancas) 158
4.13. Documento cifrado sobre fortificación en el Piamonte (Archivo General, Simancas). 161
4.14. Tiburzio Spannocchi, Valle de Arán, 1594 (Archivo General, Simancas) 163
4.15. M. Vitruvio Pollion: «Buscando agua», *De Architectura* (Alcalá de Henares, 1582) 168

5.1. Rodrigo Zamorano: *Los seis primeros libros de los Elementos de Euclides* (Sevilla, 1576) 171
5.2. Cédula Real que crea la Casa de la Contratación, 1503 (Archivo General de Indias, Sevilla) 174
5.3. Navío. Manuscrito anónimo, h. 1590 (Biblioteca Nacional, Madrid) 177
5.4. Juan de Herrera, según boceto de Juan Maea, h. 1575 (Biblioteca Nacional, Madrid) 181
5.5. Juan de Herrera: *Institución de la Academia Real Mathemática* (Madrid, 1598) 183

5.6. *Perspectiva y Especularia*, de Euclides (trad. por Pedro Ambrosio de Ondériz, 1585) 188
5.7. *Alvaradina*: tratado de artillería anónimo, h. 1595 (Biblioteca Nacional, Madrid) 192
5.8. «Lanzando bola artillera», en *Alvaradina*, h. 1595 (Biblioteca Nacional, Madrid) 199
5.9. Batería de cañones, en *Alvaradina*, h. 1595 (Biblioteca Nacional, Madrid) 201
5.10. Julio César Firrufino: *Platica Manual de Artillería* (Madrid, 1626) 203
5.11. Juan Bautista Lavaña y Luis Teixeira: Descripción del Universo (Biblioteca Reale de Turín) 204

6.1. La catedral de Granada (grabado de Francisco Heylan, 1613, y planta de Juan de la Vega, 1594) 217
6.2. El proceso de renovación en clave renacentista: Diego de Sagredo, *Las Medidas del Romano* (Toledo, 1526) 218-219
6.3. San Lorenzo el Real de El Escorial (1562-1586): grabados calcográficos de Juan de Herrera y Pedro Perret, 1589 221
6.4. La portada de la catedral de Santa María de la Huerta en Tarazona (1577) y modelo XVIII del *Libro Extraordinario* de Sebastián Serlio 230
6.5. Portada del atrio de la Pabostría (1557-1558) de la Seo de Zaragoza y lámina del *Libro de Arquitectura* de Sebastián Serlio 232
6.6. Lámina de Andrea Palladio, *Quattri libri dell'architettura*, y trazas de la capilla Monreal de la iglesia de San Pablo, de Zaragoza 233

7.1. Mapamundi de Juan de la Cosa, el Puerto de Santa María, 1500 (Museo Naval, Madrid) 256
7.2. Planisferio denominado de Salviati, atribuido a Nuño García de Toreno, 1525 (Biblioteca Laurenziana de Florencia) 257
7.3. Dos proyecciones mercatorianas: (1) Cónica con dos paralelos estándar: G. Mercator (1554), *Europa*; (2) Sinusoidal: J. de Chaves (1579): *America Meridionalis* 260
7.4. Proyección cónica: Joan Bautista Lavaña (1619), *Reino de Aragón* (Biblioteca Nacional, Madrid) 263
7.5. Planimetría con doble escala en «baras»: Anónimo (1614), *Bahía de Cádiz con Rota y su muelle* (Archivo General, Simancas) 264
7.6. Planimetría despojada de figuraciones naturalistas: Anónimo (h. 1577), *Plano de la viña (norte) y olivar (sur) del Quexigal* (Biblioteca del Palacio Real de Madrid) 264
7.7. Representaciones simbólicas de la orografía según Imhof; ejemplos de M. Servet (Lyon, 1525), S. Munster (1540) y P. Ligorio (1559) 266
7.8. Corografías: (1) Jerónimo de Chaves, 1578: *Conventus Hispalensis Delineatio*; (2) Jorge Setara: *Montes de Valencia*, 1589 (Archivo General, Simancas) 267
7.9. Perspectivas con un punto de fuga: (1) Diego de Siloé (¿posterior a 1550?), *Perspectiva escenográfica* (M.N.A. Cataluña, Barcelona); (2) Juan de Herrera-Pedro Perret (1598), *Capilla Mayor de El Escorial* 271
7.10. Madurez gráfica: (1) Perspectiva «cornuda», según Jean Pélerin *le Viator*, en *De artificiali perspectiva*, 1505; (2) A. Labacco (1554), *Perspectiva cónica seccionada*; (3) A. Palladio (1559), *Tríada planta-alzado-sección*; y (4) J. A. du Cerceau (1576), *Perspectiva oblicua militar* 274

7.11. Diversas perspectivas paralelas por Leonardo da Vinci, *Códice de Madrid I*, h. 1497 (Biblioteca Nacional, Madrid) 274

7.12. Planta y abatimientos anónimos: (1) *Plano de Aranda del Duero,* 1503 (Archivo General, Simancas); (2) *Plaza de Bonilla de la Sierra*, h. 1510 (Archivo de la Chancillería de Valladolid) 279

7.13. Vista oblicua por Antón Van den Wyngaerde: *Zaragoza* (detalle), 1563 (Österreichische Nationalbibliothek, Viena) 279

7.14. Vista de pájaro anónima (1578): *Tocuyo, ciudad y río* (Real Academia de la Historia) 281

7.15. Coexistencia de perspectivas diversas en vistas de La Habana: (1) Anónimo (h. 1567), *Plano* (Archivo General de Indias, Sevilla); (2) Baltasar Vellerino de Villalobos: *Luz de Navegantes*, 1592 (Biblioteca Universitaria de Salamanca) 283

7.16. Vista y planta por Leonardo Turriano (1592): «Valle de S. María de Betancor Dell isola di Forteventura», en *Descrittione et historia del regno de l'isole Canarie* (Biblioteca Universitaria de Coimbra). 285

7.17. Perspectiva aérea por P. Texeira (1634): «Barra y Río de Gibraleón», en *Descripción de España y de las Costas y Puertos de sus Reynos* (Österreichische Nationalbibliothek, Viena) 285

7.18. Representación planimétrica singular: Pedro Machuca (h. 1527; 1542-50), Planta grande del complejo imperial de la Alhambra (Biblioteca del Palacio Real, Madrid) 289

7.19. La escuela escurialense: (1) Juan Bautista de Toledo (h. 1567), *Sección longitudinal de la Iglesia Mayor del Escorial*; (2) Juan de Herrera (1579), *Alzado de una de las torres de la Iglesia* (Biblioteca del Palacio Real, Madrid) . 290

7.20. Disparidad técnica: (1) C. de Rojas (1603), *Casa comprada para almacén de las galeras en el Puerto de Santa María*; (2) Plantas y alzados en correspondencia: J. de Soto (1610), *La casa de la pólvora para Fuenterrabía* (Archivo General, Simancas) 291

7.21. Puentes y muelle: (1) Diego Vélez y Juan de Cerecedo *el Mozo* (1577), *Puente de Puerto sobre el río Nalón* (Archivo Municipal de Oviedo): (2) Gaspar de Vega (1569), *Puente de Viveros* (Archivo de Protocolos de Madrid); (3) Anónimo (1585), *Puente para Bayona del Tajuña* (Archivo General, Simancas); (4) Cristóbal de Rojas, *Gibraltar* (Archivo General, Simancas) 292

7.22. Alzado con sección rectificada: Francisco de Mora (1596), *Molino de la Compaña del Escorial* (Biblioteca del Palacio Real de Madrid) 294

7.23. Secciones y vistas fantasmas: (1) Agostino Ramelli, *Le diverse et artificiose machine* (1588); (2) Vittorio Zonca, *Novo Teatro di Machine et Edificii* (1607) 300

7.24. Perspectiva central y proyección ortogonal: Salomón de Caus, *Les raisons des forces mouvantes, avec diverses machines tant vieilles que pleasantes...* (1615) 301

7.25. Geometrización de los razonamientos sobre eficiencia: *Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas* (Biblioteca Nacional, Madrid) 302

7.26. (1) Vittorio Zonca, *Novo Teatro di Machine et Edificii*, Padua, 1607; (2) Giovanni Branca, *Le Machine*, Roma, 1629 302

8.1. Elio Antonio de Nebrija (Lebrija, 1441 – Alcalá de Henares, 1522) 314

8.2. Miguel de Urrea: «Vocabulario...», traducción de la *De Architectura* de Vitruvio (Alcalá de Henares, 1582) 320
8.3. Sebastián de Covarrubias: *Tesoro de la lengua castellana* (Madrid, 1611) 323
8.4. Diego García de Palacio: «Vocabulario...», en *Instrucción náutica para el buen uso y regimiento de las naos, su traza y gobierno, conforme a la altura de México* (México, 1587) 327
8.5. Tomé Cano: «Declaración de los Vocablos...», en *Arte para fabricar, fortificar y aparejar las naos* (Sevilla, 1611) 328
8.6. Sebastián de Covarrubias (Toledo, 1539 – Cuenca, 1613) 338

9.1. Repertorio de Caminos, por Pedro Juan de Villuga, 1546. 349
9.2. Puente de Benamejí, sobre el Genil. Hernán Ruiz, 1556. 353
9.3. Puente de Montoro, sobre el Guadalquivir. Primera mitad del siglo XVI 354
9.4. Puente de Segovia, sobre el Manzanares en Madrid. Juan de Herrera, h. 1580 . 355
9.5. Puente de Almaraz, sobre el Tajo. Pedro de Uría, 1537 356
9.6. Presa de Ontígola, en Aranjuez (grabado de Brambilla, principios del siglo XIX) 357
9.7. Presa de Tibi, en Alicante. Segunda mitad del siglo XVI 359
9.8. Acequia Imperial: Palacio de Carlos V. Plano de Rodolphe, 1746 361
9.9. Acequia Imperial: Murallas de Grisén (alzado y sección). Plano de Rodolphe, 1746 361
9.10. Mina de Daroca (Pierres Vedel, h. 1560), detalle del perfil y embocadura de entrada. Plano de J. Traggia, 1792 (Archivo Municipal de Daroca) 365
9.11. Acueducto-viaducto de Teruel: Pierres Vedel, h. 1550 368
9.12. Arcos de San Antón (construido h. 1570), Plasencia 371
9.13. Restos del ingenio de Juanelo en Toledo. Grabado holandés del siglo XVII 374
9.14. Defensas de puerto, en *Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas* (Biblioteca Nacional, Madrid) 377
9.15. Bahía y puerto de Santander en el siglo XVI, en el *Civitatis Orbis Terrarum* (Braun y Hogenberg) 380

10.1. Traslado y emplazamiento de artillería, según L. Collado: *Platica Manual de Artillería,* Milán, 1592 389
10.2. Culebrina de hierro forjado de 2,5 pulgadas de calibre y sistema de retrocarga con cubilete y cuña 390
10.3. Pedrero, siglo XV, mortero y berraco del siglo XVI (Museo del Ejército, Madrid) 393
10.4. Falconetes, sacre, medio cañón y ribadoquín, siglos XV y XVI (Museo del Ejército, Madrid) 394
10.5. Culata de media culebrina con cabeza de murciélago, siglo XVI (Museo del Ejército, Madrid) 396
10.6. Cañón montado en su cureña, midiendo la elevación con un cuadrante, según Hernán del Castillo, *Libro muy curioso y utilísimo de artillería*, h. 1560 (Biblioteca Nacional, Madrid) 399
10.7. Culebrina fundida en bronce y decorada, siglo XVI (Museo del Ejército, Madrid) 401
10.8. Plan de fuegos, según Luis Collado, *Platica manual de artillería* (Milán, 1592) 402

11.1. Alfa y omega de la tratadística hispana comentada: (1) Diego Salazar: *Tratado de Re Militari...,* 1536; (2) Julio César Firrufino: *Plática manual y breve compendio de Artillería,* 1626 410
11.2. De tres a un solo tramo en una trayectoria, según Tartaglia: (1) *Nova Scentia*, 1537; (2) *Quesiti et inventioni*, 1554 416
11.3. Luis Collado de Lebrija: *Prattica Manuale*, 1586 (edición milanesa de 1606). «Midiendo la pieza» (p. 48) 419
11.4. Fundición y operación relacionada: (1) «El mejor modo de partir la pieza» (L. Collado de Lebrija: *Prattica Manuale*, 1586); (2) Barrenando el ánima del cañón (C. Lechuga: *Discurso de la Artillería*, 1611; f. 60) 421
11.5. Desplazando el material: (1) «Moviendo la pieza» (L. Collado de Lebrija: *Prattica Manuale*, 1586; p. 242); (2) Transporte de municiones y piezas (D. Ufano: *Tratado de la Artillería*, 1612; fig. 222) 423
11.6. Diego de Álava y Viamont: *El Perfeto Capitán...,* 1590. «Tabla para morteros y piezas largas, tirando dos mil passos por la mayor altura, y dozientos de punta en blanco» 425
11.7. Andrés García de Céspedes: *Libro de instrumentos nuevos de Geometría*, 1606. Trayectoria con dos partes, recta y parábola 432
11.8. Instrumentos del artillero: (1) Para determinar las elevaciones (D. Ufano: *Tratado de la Artillería,* 1612; fig. 339); (2) Instrumentos del artillero (J. C. Firrufino: *El Perfeto Artillero. Theorica y Practica*, 1642; idéntica imagen aparece en su *Plática...*, de 1626) 433
11.9. Cristóbal de Lechuga: *Discurso de la Artillería*, 1611. Midiendo el ángulo de elevación de la pieza (fol. 70) 434
11.10. Diego Ufano: *Tratado de la Artillería y uso della... en las Guerras de Flandes,* 1612. Tiros por el primer y segundo sector: (1) El tiro por el raso; (2) Mortero de la moderna fundición 439
11.11. Protección de las piezas: (1) Batería con sacas de lana (fig. 191); (2) Piezas enterradas (fig. 192). Ambas, del *Tratado de la Artillería*, 1612, de Diego Ufano 442
11.12. Trayectorias balísticas, según diversos tratadistas: (1) Luis Collado de Lebrija: *Prattica Manuale*, 1586; (2) Diego de Prado: *Obra manual de la Artillería*, 1591, Biblioteca Nacional, Ms. 9024; (3) Diego Ufano: *Tratado de la Artillería*, 1612 445

12.1. Fuenterrabía, por Francisco de Holanda (1538), en *Os Desenhos das Antigualhas* (Biblioteca de El Escorial) 450
12.2. Castillo de Salsas: (1) Planta durante el sitio de 1503, según el capitán Ayora; (2) Francisco de Holanda: *Os Desenhos das Antigualhas*, 1538 (Biblioteca de El Escorial) 452
12.3. Planta de una fortaleza con sus partes, en el *Tratado* de Rojas, 1598 455
12.4. Evolución de los baluartes frontales españoles 456
12.5. Evolución de torreón a baluarte, según versión habitualmente admitida 459
12.6. Figura de Rojas que explica su teoría de las puntas redondeadas 460
12.7. Secciones comparadas de distintos tipos de casamatas en la *Apología* de Escrivá, 1538 463
12.8. Baluartes: (1) De Pésaro en 1539, según Francisco de Holanda, *Os Desenhos Das Antigualhas* (Biblioteca de El Escorial, Madrid); (2) Del mar, según el *Tratado* de Tartaglia (ed. de 1554); (3) De San Bernardo (Ibiza), por J. B. Calvi, 1554 463

12.9. Ibiza. Plano de fuego de flanco. Obra de J. B. Calvi a partir de 1554 y de Fratín a partir de 1575. Estudios del Plan Director de las murallas renacentistas 464
12.10. Debate sobre una fortaleza en la barra del Tajo, Portugal (Archivo General, Simancas) 464
12.11. Plantas comparadas de: (1) El diseño inicial de la Goleta de Túnez, 1538; (2) San Telmo de Nápoles, 1538; y (3) San Telmo de Malta, 1543 467
12.12. (1) Proyecto para San Telmo de Malta, 1543; (2) Dibujo de Escrivá en su *Apología* comparando cortina llana y tijera, 1538; (3) Plano que muestra las distintas soluciones para fortificar La Valleta, h. 1565 469
12.13. *Apología* de Escrivá, 1538: (1) Soluciones comparadas de cortina llana o común, cortina articulada en espiga de Ferrara y tijera de San Telmo en Nápoles; (2) Comparación de los baluartes resultantes de una planta cuadrada y una triangular para igual longitud de cortina; (3) Diseño para Capua 470
12.14. Ilustración del comentario al texto de Escrivá: «no se pude en ninguna manera tirando a batería embocar la tronera y tirando a embocar no se puede hacer batería» 473
12.15. Evolución del frente fortificado en el siglo XVI, según el *Tratado* de Rojas, 1598 425
12.16. (1-2) Plantas comparadas entre la traza rectangular y la heptagonal para igual medida de frente abaluartado, según la *Apología,* 1538; (3) Dos propuestas para la ciudadela de Cremona; (4) Planta hexagonal, según Rojas, 1538 476
12.17. Juan Bautista Antonelli, Mazalquivir, 1574: «Traza que va en perspectiva por mirar mejor el relieve» (Archivo General, Simancas) 480
12.18. Cristóbal de Rojas: (1) Blavet, Lorient (Francia), h. 1592; (2) Modelo del siglo XVIII de la fortaleza de Santa Catalina, Cádiz, 1598; (3) Modelo de fuerte al borde del mar, según su *Tratado*, 1598 482
12.19. (1) Traza de Peñíscola según el proyecto de Vespasiano Gonzaga y dibujo probablemente de Bautista Antonelli en 1579 (Archivo General, Simancas); (2) Planta del Morro de la Habana, a finales del siglo XVI 483

13.1. Plano de Almadén en 1553 (Archivo General, Simancas) 492
13.2. Torno de achicar agua en las minas de Almadén con zacas de cuero, 1674 (Archivo General, Simancas) 494
13.3. Corte de un pozo de la mina de Almadenejos: bombas aspirantes de desagüe, escaleras para la bajada de mineros y torno. (Pensionados Agustín Ugena y Juan Roig, 1800) 497
13.4. Sistema con contrapesos para mover los fuelles en una ferrería, en G. Agrícola, *De Re Metallica*, 1556 502
13.5. Trompa de soplado en una ferrería, en G. Branca, *La Machinae*, 1629 505
13.6. Bombas de pistones movidas por una rueda gravitatoria, en G. Agrícola, *De Re Metallica*, 1556 506
13.7. Horno de xabeca, según dibujo en la obra de Álvaro Alonso Barba, *Arte de los Metales,* 1640 511
13.8. «Del modo que se han de disponer los fondos en que se han de beneficiar los metales», en Álvaro Alonso Barba, *Arte de los Metales*, Madrid, 1640 512
13.9. «El cerro rico de Potosí», h. 1584 (The Hispanic Society of New York) 516
13.10. Curva de producción de Potosí 518

13.11. Guaira, según el *Arte de los Metales*, de Á. Alonso Barba (1640) e indios fundiendo minerales en guairas, «guairando», ilustración del siglo XVI (The Hispanic Socety of New York) 519

13.12. Alambiques en la obra de Bernardo Pérez de Vargas, *De Re Metallica* (Madrid, 1568) 520

13.13. «Pragmática de su Magestad por la qual reuoca las mercedes de minas y declara la parte que han de hacer los descubridores de ellas, y la orden que se ha de tener en registrarlas y beneficiarlas», 1559 521

14.1. Portadas de cuatro de los tratados de navegación más significativos: *Suma Geográfica,* de Martín Fernández de Enciso (Sevilla, 1519); el *Arte de Navegar,* de Pedro de Medina (Valladolid, 1545); *Breve Compendio de la Sphera y de la Arte de Navegar,* de Martín Cortés (Sevilla, 1551); uno de los *Regimientos de Navegación* de Andrés García de Céspedes (finales del siglo XVII y principios del XVII) 529

14.2. «Diferencia de mareas», según Martín Cortés, *Breve Compendio de la Sphera y de la Arte de Navegar* (Sevilla, 1551) 534

14.3. Navegantes "pesando el sol" con el astrolabio y manejando la ballestilla, en obras de Pedro de Medina 540

14.4. Instrumentos náuticos: ballestilla (M. Cortés, *Breve Compendio...*, Sevilla, 1551); astrolabio (A. de Chaves, *Espejo de Navegantes*, h. 1520-1538); cuadrante (D. García de Palacio, *Instrucción Náutica*, México, 1587) 541

14.5. Siete décadas de vigencia: Pedro de Medina, *Arte de Navegar* (edición holandesa de 1598, italiana de 1609, francesa de 1628); Martín Cortés, *Breve Compendio...* (edición inglesa de 1630) 544

14.6. Carta náutica «plana», en el *Breve Compendio...* de Martín Cortés (Sevilla, 1551) 546

14.7. El Nuevo Mundo, en la *Instrucción Náutica* de D. García de Palacio (México, 1587) 546

15.1. Navíos latinos, con las características velas triangulares (Juan Escalante de Mendoza: *Itinerario de Navegación de los mares y tierras occidentales*, h. 1575; manuscrito del Museo Naval de Madrid) 551

15.2. Pedro de Medina*: Regimiento de navegación* (Sevilla, 1561): (1) Portada del texto con una nao atlántica que lleva las armas del emperador; (2) Diferentes tipos de navíos: galera, carraca, nao, carabela y otros menores . 553

15.3. El velamen; primeros patrones impresos: Mezana [sic], gabia [sic], boneta y papahígo (Diego García de Palacio: *Instrucción náutica para el buen uso, y regimiento de las naos, su traça y gobierno*, Méjico, 1587) 554

15.4. Galeaza y galeones: (1) Galeaza; (2) Galeón con cuatro puentes artilleros, en primer plano, y otros galeones y carracas; (3) Galeón capitana de la armada de Álvaro de Bazán (las tres primeras imágenes son detalles del fresco de Niccola Granello, *La toma de la Tercera*, 1583; Sala de las Batallas, El Escorial, h. 1586); (4) Galeón capitana de la armada del almirante Hoces, 1634 (Archivo-museo del Viso del Marqués, Ciudad Real) 555

15.5. Reconstrucción de la nao *Santa María* (1892) 557

15.6. Carabelas y naos portuguesas: (1) Flota con la que Vasco de Gama dobló el cabo de Buena Esperanza en 1497; (2) Segunda Armada de Pedro Alvares Cabral. (*Livro de Lisuarte de Abreu*, h. 1558-1564; Ms. de la Perpont Morgan

Library, NY, EE.UU., ed. facs. por la Comissão Nacional para as Comemorações dos Descobrimentos Portugueses, Lisboa, 1992) 560

15.7. Buques armados con cuatro niveles de artillería: (1) Nao *Santa Catarina do Monte Sinaí* (óleo atribuido a Cornelius Anthoniszoom, segunda década del siglo XVI, Museo de Marinha, Lisboa; (2) Naos-galeones en primer plano (tapiz perteneciente a la serie sobre *La Conquista de Túnez por el emperador Carlos V*, encargada en 1548 y realizada en oro, plata, seda y lana por el bruselense Guillermo de Pannemaker, a partir de los cartones del pintor Jan Cornelisz Vermeyen, Patrimonio Nacional) 562

15.8. Diseños técnicos en el *Libro primeiro de Architectura naval* de João Baptista Lavanha, h. 1610; manuscrito de la Real Academia de la Historia, Madrid 567

15.9. Calafateador. Levanta el dañado sello de estopa y brea entre las tablas de un navío, en el marco de las operaciones de carenado 569

15.10. Galeras, galeazas, naos y galeones, junto con diversas pequeñas embarcaciones auxiliares. «Desembarcación [sic] de Su M. en Lisboa» (Domingo Vieria Serrão, h. 1622, en el libro *Viagem da Católica Real Majestade el Rei Filipe III*, de Juan Batista Lavaña, BNM) 570

15.11. Carraca (s. XVI) «navegando contrabiento [sic] y por punta de bolina» (Juan Escalante de Mendoza: *Itinerario de Navegación de los mares y tierras occidentales*, h. 1575, BNM) 574

15.12. Primeros impresos sobre construcción naval: (1) Diego García de Palacio, *Instrucción náutica para el buen uso y regimiento de las naos y su traça y gobierno conforme a la altura de México* (1587), le dedica el libro IV; (2) Tomé Cano, *Arte para fabricar, fortificar y aparejar naos* (Sevilla, 1611), es el primer texto monográficamente consagrado al tema 577

15.13. Medidas de alzado y de sección para la construcción de navíos. (Diego García de Palacio: *Instrucción náutica para el buen uso, y regimiento de las naos, su traça y gobierno*, Méjico, 1587; el libro IV incluye varios dibujos, y es el primero que llegó a publicarse sobre esta materia) 579

15.14. Galeaza-galeón: prototipo elevado al Consejo de Guerra, 1589 (AG Simancas, Valladolid) 587

16.1. Portadas de las primeras ediciones de la *Obra de Agricultura* de Gabriel Alonso de Herrera (1513), la *Agricultura de Jardines* de Gregorio de los Ríos (1592) y el *Llibre dels Secrets de Agricultura* de Miguel Agustí (1617), y de la monumental edición crítica del tratado de Herrera realizada por la Sociedad Económica Matritense en 1818 596

16.2. Portadas de las primeras ediciones de los textos agronómicos de Juan Valverde (1578) y Francisco Gilabert (1626) 601

16.3. Actividades agrícolas distribuidas en los doce meses del año. (Manuscrito francés de Pedro Crescendi, mediados del siglo XV) 603

16.4. Xilografías correspondientes a diversas labores agrícolas recogidas por Pedro Crescendi en su *Opus ruralium*. (Bibl. Prov. de Córdoba) 604

16.5. «Regla escuadra» y «báculo de Geometría» y manera de usar ambos instrumentos en agrimensura en los siglos XVII y XVIII. A pesar de que las imágenes distan más de cien años, las realizaciones tipográficas no difieren apenas. (Miguel Agustí: *Libro de los secretos de Agricultura*, Barcelona, edición en catalán de 1617 y en castellano de 1722) 606

16.6. Rueda perpetua para saber los años fértiles y estériles. La creencia en la influencia sobre los cultivos de las fases de la luna y la posición de los astros y signos zodiacales perduró en los textos agronómicos hasta bien entrado el siglo XVIII (Miguel Agustí*: Libro de los secretos de Agricultura,* 1722) . 614
16.7. Portada y diversos grabados del *Libro de los secretos de Agricultura* de 1722 . . 619
16.8. Jardín de la Casa de Campo. Uno de los jardines renacentistas españoles es el del Palacio de los Vargas, construido por orden de Felipe II en 1567 por el arquitecto Juan Bautista de Toledo. *(Óleo de Félix Castello,* [h. 1634], Museo Municipal de Madrid) 623
16.9. Garbanzos, habas, perales, limoneros, naranjos y melocotoneros eran algunas de las legumbres y árboles frutales de los que Herrera recomendaba su cultivo. (Pedacio Dioscorides; Andrés Laguna*: Acerca de la materia medicinal y de los venenos mortíferos*, Amberes, 1555) (Bibl. Nacional de España) 627
16.10. Tabla de albeitería para curar las enfermedades de bueyes, vacas y becerros. Se describen los síntomas de 45 enfermedades del ganado vacuno (Miguel Agustí*: Llibre dels secrets d'Agricultura, 1617*) 629
16.11. Máquinas, herramientas y actividades de la industria rural en el Renacimiento. (Agostino Gallo: *Le vinti giornate dell'agricoltura*, Venecia, 1622) (Bibl. de Catalunya) 634

17.1. «Molino de grúa que muele con un hombre», manuscrito de Francisco Lobato (propiedad particular) 642
17.2. Molinos de viento, según el manuscrito de Francisco Lobato (propiedad particular): sin velas y sin entruesga; con velas, Gaspar Rotilo, 1556 643
17.3. Molinos «común» y de poste, según el manuscrito de Francisco Lobato (propiedad particular) 644
17.4. (1) Rueda con paletas rectas y cangilones para elevar agua, en M. Vitruvio Pollion, *De Architectura*, traducción al castellano de Miguel de Urrea, Alcalá, 1582; (2) Rueda vitruviana básica, Herrería de Compludo, Ponferrada (León) 647
17.5. Molino de balsa y cubo, según *Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas* (Biblioteca Nacional, Madrid) 648
17.6. Molino «de regolfo», según *Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas* (Biblioteca Nacional, Madrid) 650
17.7. Molino hidráulico aceitero con rueda vertical, según *Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas* (Biblioteca Nacional, Madrid) 562
17.8. Proceso de extracción del aceite, según *Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas* (Biblioteca Nacional, Madrid) 563
17.9. Trapiche para caña de azúcar y mecanismo de corte, según *Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas* (Biblioteca Nacional, Madrid) 654
17.10. Batán, según *Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas* (Biblioteca Nacional, Madrid) 655
17.11. Máquina para zurrar el cuero, según V. Zonca, *Novo Teatro di Machine et Edificii*, Padua, 1602 658
17.12. Sistema de soplado de cuatro barquines, según Agostino Ramelli, *Le Diverse et Artificiose Machine,* París, 1588 659
17.13. Molino «de sangre» de múltiples usos, según *Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas* (Biblioteca Nacional, Madrid) 670

17.14. Fabricación de almidón, según *Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas* (Biblioteca Nacional, Madrid) 662
17.15. Lavadero de lanas, según *Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas* (Biblioteca Nacional, Madrid) 663
17.16. Obtención del alumbre, según *Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas* (Biblioteca Nacional, Madrid) 664
17.17. Obtención de caparrosa o vitriolo, según *Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas* (Biblioteca Nacional, Madrid) 665
17.18. Obtención de salitre, según *Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas* (Biblioteca Nacional, Madrid) 665
17.19. Fabricación de vitriolo y de salitre, según G. Agrícola, *De Re Metallica*, lib. XIII 667
Patrimonio recuperado (1): El molino de viento de Malanquilla (Zaragoza) 645
Patrimonio recuperado (2): El batán de Lacort (Fiscal, Huesca) 656
Patrimonio recuperado (3): Los molinos de pólvora de Villafeliche (Zaragoza) 657

18.1. Molinos hidráulicos del siglo XVI, con eje vertical, cubo y saetino (el inferior también con balsa), según el manuscrito de Francisco Lobato (propiedad particular) 673
18.2. Página inicial del privilegio por invención de un sistema de molienda, concedido por Isabel la Católica a Pedro de Azlor en 1478 (Archivo General, Simancas) 675
18.3. Máquina de vaivén de Jerónimo de Ayanz con su balanza para determinar el rendimiento (Archivo General, Simancas) 677
18.4. Sistema inercial aplicable a molinos, en el privilegio de José Bono de 1580 (Archivo General, Simancas) 679
18.5. Reconstrucción de una de las torres elevadoras de agua del ingenio de Juanelo Turriano (dibujo de Juan Ramos basado en la reconstrucción de N. García Tapia) 684
18.6. Reconstrucción del ingenio patentado por Zubiaurre en 1603 (dibujo y reconstrucción del autor) 687
18.7. Molino de contrapesos, según *Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas* (Biblioteca Nacional, Madrid) 688
18.8. Molino «de regolfo», según el manuscrito de Francisco Lobato (propiedad particular) 690
18.9. Reconstrucción del ingenio de vapor de Jerónimo de Ayanz, patentado en 1606 (dibujo de Diego Moñux basado en la reconstrucción de N. García Tapia) 693
18.10. Experimento de Juan de Escrivá con vapor de agua, utilizable para subir agua, 1606 694
18.11. Máquina de vapor de Thomas Savery (1702): El «amigo del minero» 697

Índice

Nota previa sobre la segunda edición 7

Presentación: Modernidad y técnica en el imperio 9

1. Sobre Técnica e Ingeniería: en torno a un *excursus* lexicográfico
Manuel Silva Suárez 27
1.I. Técnica y arte 28
1.II. Ingeniero e ingeniería 31
1.II.1. Aproximación etimológica: "ingenio" + "-ero" 32
1.II.2. Elementos sobre la profesión en la Edad Moderna 42
1.II.3. Arquitecto e ingeniero 47
1.II.4. *Ingénieur "versus" engineer*: dos tradiciones profesionales diferenciadas 53
1.III. Ciencia y tecnología 57
1.III.1. Ciencia e ingeniería 57
1.III.2. En torno a "tecnología" 61
Bibliografía 65

2. Valoración filosófica de la técnica
Miguel Ángel Granada Martínez 67
2.I. Artes liberales y Artes mecánicas en la Antigüedad y en la Edad Media 67
2.II. La rebelión de los "artistas" en el Renacimiento italiano. Hacia el concepto de "Bellas Artes" 70
2.III. Artes mecánicas y ciencia en el Renacimiento. La rehabilitación y reivindicación de la técnica 72
2.III.1. La convergencia de artes mecánicas y ciencia en el Renacimiento 74
2.III.2. La rehabilitación de la técnica en los reformadores de la enseñanza: Luis Vives (1492-1540) y Petrus Ramus (1515-1572) 80
2.IV. Francis Bacon (1561-1626) 86
Bibliografía 94

3. Los gremios: estructura y dinámica de un "modelo" gremial
Siro Villas Tinoco 95
3.I. Propuesta de un "modelo" de gremio 97
3.II. Aspectos económicos del mundo gremial 101
3.III. Los gremios, la política y el poder municipal 108
3.IV. Funcionalidad gremial en la organización social 114
3.V. Gremios, cofradías y asistencia benéfico-religiosa 119
3.VI. A modo de conclusiones 123
Bibliografía 127

4. La profesión de ingeniero: los ingenieros del rey
Alicia Cámara Muñoz 129
4.I. Una nueva profesión: la procedencia de los protagonistas 131
4.I.1. La arquitectura y las artes 133
4.I.2. Militares, nobles y maestros 136
4.II. La formación 139
4.II.1. Geometría y matemáticas 139
4.II.2. La imprescindible experiencia 141
4.II.3. Academias y tratados 143
4.III. El ejercicio de la profesión 145
4.III.1. Controlar el territorio y las fronteras 145
4.III.2. El dibujo y las relaciones 150
4.III.3. La arquitectura militar 154
4.III.4. Las obras de ingeniería 159
4.IV. La vida de los ingenieros 162
4.IV.1. Servir a un señor 162
4.IV.2. Viajar, trazar, informar, ejecutar y controlar 163
4.IV.3. Estatus económico y social 164
4.V. Corte y ciencia: La geometría del Imperio 165
4.V.1. «Para mandar es menester ciencia» 165
4.V.2. El modelo de la Antigüedad y la intervención en el territorio 166
4.V.3. Volviendo a Vitruvio 167
Bibliografía 168

5. Instituciones para la formación de los técnicos
Mariano Esteban Piñeiro 169
5.I. La formación técnica en las universidades 172
5.II. La Casa de la Contratación de Sevilla 175
5.III. La Academia Real Matemática 180
5.IV. Academias de Matemáticas en las ciudades del reino 194
5.V. Las Escuelas de Artillería 197
5.VI. La Cátedra de Matemáticas y fortificación del Consejo de Guerra 202
Bibliografía 206

6. Técnica y estética: los tratados de arquitectura
Jesús Criado Mainar 207
6.I. Los tratados de arquitectura de la Italia renacentista 210
6.II. La arquitectura española del siglo XVI y los tratados 214
6.III. Una aproximación al panorama aragonés 225
6.III.1. Los inventarios de libros 225
6.III.2. Los contratos de obras 229
6.III.3. La aplicación práctica de los tratados 231
Bibliografía 235

7. El lenguaje: inflexión y pervivencias
Manuel Silva Suárez 243
7.I. La representación gráfica: alcance y consecuencias 245
7.II. Pintando mares y territorios: la cartografía 247

7.II.1. Sobre proyecciones cartográficas: la herencia helenística ... 248
7.II.2. Cartografía marítima: portulanos, cartas planas y cartas esféricas ... 249
Portulanos: «la cartografía floreció en el mar» ... 250
Los orígenes de la cartografía marítima moderna: de cartas planas a esféricas ... 253
7.II.3. De la geodesia a la planimetría ... 259
Mapas corográficos ... 259
El relieve: asignatura pendiente ... 265
7.III. Apunte sobre sistemas de representación volumétrica: de la perspectiva cónica y las proyecciones cilíndricas ... 270
7.IV. Corografía urbana. Perfiles, vistas y planos: entre la cartografía y la escenografía ... 276
7.V. El dibujo arquitectónico: arquitectura civil e ingeniería de fortificación ... 286
7.VI. La representación de máquinas: de "retratos" a esquemas ... 293
7.VII. A modo de epílogo: el Renacimiento como punto de inflexión en las técnicas de representación. Maquetas y dibujos ... 304
Bibliografía ... 307

8. La divulgación técnica: características lingüísticas
María Jesús Mancho Duque ... 311
8.I. El humanismo científico ... 311
8.II. Las matemáticas como motor de la renovación técnica ... 312
8.III. El castellano o español, instrumento de la divulgación técnica 313
8.IV. La fluctuación genérica de los textos técnicos ... 316
8.V. Lengua y estilo de los textos de la técnica ... 319
8.VI. El problema de los tecnicismos ... 320
8.VII. Los glosarios especializados de las artes técnicas ... 324
8.VIII. Normalización de las voces especializadas ... 329
8.IX. Los préstamos en el campo de la técnica ... 332
8.X. La neología formal ... 337
8.XI. La neología semántica ... 340
8.XII. El inicio de las terminologías ... 342
Bibliografía básica ... 343

9. Ingeniería y obra pública civil
Fernando Sáenz Ridruejo ... 345
9.I. Caminos y puentes ... 346
9.I.1. Caminos de los Reyes Católicos ... 346
9.I.2. El siglo XVI ... 348
9.I.3. Los puentes renacentistas ... 349
Algunos ejemplares notables ... 352
El puente de Almaraz ... 355

9.II. Obras hidráulicas: presas, acequias, etc. ... 356
9.II.1. Presas ... 357
9.II.2. La Acequia Imperial ... 359
9.II.3. Los riegos de Aranjuez ... 362
9.II.4. Otras acequias ... 363
9.II.5. La Fuente Grande de Ocaña ... 364
9.II.6. La mina de Daroca ... 364
9.III. Abastecimientos de agua, acueductos ... 366
9.III.1. Teruel ... 366
9.III.2. Otros acueductos, Valladolid ... 369
9.III.3. Plasencia y Oviedo ... 371
9.III.4. Elevación de aguas a Toledo ... 373
9.IV. Los puertos ... 375
Bibliografía ... 382

10. La artillería: aproximación y materiales
Pedro Mora Piris ... 385
10.I. Aproximación a la artillería en los siglos XV y XVI ... 386
10.I.1. La artillería de los Reyes Católicos ... 386
10.I.2. La artillería de Carlos I ... 387
Llegada a España de Carlos I. Primeras disposiciones ... 387
Organización artillera de 1525 a 1540 ... 388
Organización de 1540 a 1555 ... 388
10.I.3. La artillería de Felipe II ... 389
10.II. Los tratados de artillería: manuscritos e impresos ... 391
10.III. Los primeros materiales de artillería (siglo XV) ... 392
10.IV. La artillería del siglo XVI ... 395
10.IV.1. Los primeros materiales de bronce ... 395
10.IV.2. Cuestiones técnicas y balísticas en los nuevos materiales ... 397
10.IV.3. Intento de regularización de los modelos de cañones ... 397
10.IV.4. Aspectos técnicos: pólvoras, municiones y alcances ... 399
10.IV.5. Montajes y transportes de las piezas ... 400
10.IV.6. Procedimientos para hacer fuego ... 401
10.IV.7. Operaciones balísticas ... 403
Bibliografía ... 404

11. Teoría y práctica en los tratados de artillería
Mariano Esteban Piñeiro ... 405
11.I. Lo que debe saber un artillero ... 406
11.II. Las primeras obras de artillería. Diego de Salazar ... 412
11.III. De la *Nova Scientia* al *Perfeto Capitán* ... 415
11.IV. El *Libro de instrumentos nuevos de Geometría* de García de Céspedes y los grandes tratados españoles de Ufano y Lechuga ... 430
11.V. Consideraciones finales ... 446
Bibliografía ... 447

12. La formulación de los principios de la fortificación abaluartada en el siglo XVI. De la *Apología* de Escrivá (1538) al *Tratado* de Rojas (1598)
Fernando Cobos-Guerra 449
12.I. Modelos y principios del arte de la fortificación 450
12.II. La concepción del baluarte moderno 454
12.II.1. La fortificación española de transición 457
12.II.2. Baluartes frontales y baluartes angulares 458
12.III. La situación y protección de las defensas 461
12.III.1. De las casamatas 461
12.III.2. De las troneras 462
12.IV. La deflexión del fuego enemigo y el flanqueamiento de las obras propias 466
12.IV.1. Los tipos de cortina 471
12.V. Los ángulos y la proporción, la dimensión y forma de las plazas fuertes 472
12.V.1. Plantas y medidas ideales 472
12.VI. Los modelos ideales y la adaptación al lugar 478
12.VI.1. «Que como ningun lugar hay que totalmente sea como el otro, asi variamente se deven las fortalezas a los lugares acomodar» 478
12.VI.2. «Saber reconocer bien el puesto donde se ha de hacer la fortaleza» 484
Bibliografía 486

13. La minería
Julio Sánchez Gómez 487
13.I. La demanda de productos extractivos en el mundo renacentista 488
13.II. La respuesta a la demanda 491
13.II.1. La minería española, 1500-1550 491
13.II.2. El nacimiento de la minería americana 495
13.II.3. La minería en Europa central, 1500-1550: un primer momento de esplendor 500
13.III. La renovación de la minería española 508
13.IV. El despegue de la minería americana 514
13.V. A modo de conclusión 522
Bibliografía 523

14. El arte de navegar
M.ª Isabel Vicente Maroto 525
14.I. Pilotos y maestros en el arte de navegar 526
14.II. Textos náuticos 531
14.III. Instrumentos de navegación 537
14.IV. La determinación de la longitud 541
14.V. A modo de resumen 545
Bibliografía 547

15. La construcción naval
M.ª Isabel Vicente Maroto 549
15.I. Los navíos ibéricos 550
15.I.1. Navíos de vela y de remo 550
15.I.2. Los navíos mediterráneos 552
15.I.3. Los navíos oceánicos 555
15.I.4. Las flotas 565
15.II. El arte de la construcción naval 566
15.III. Las unidades de medida lineales y de arqueo 570
15.IV. Los tratados de arquitectura naval 573
15.V. A modo de conclusión 586
Bibliografía 590

16. Agronomía y geoponia
Jordi Cartañà i Pinén 593
16.I. La literatura agronómica en el siglo XVI 595
16.I.1. Los autores geopónicos españoles 598
16.I.2. Las influencias de los autores clásicos en los geopónicos españoles 602
16.II. Estructura y organización de la obra de Gabriel Alonso de Herrera 607
16.III. Las aportaciones técnicas: entre la tradición y la modernidad . 615
16.III.1. Sobre las enmiendas del suelo y los abonos 615
16.III.2. El jardín renacentista visto por los agrónomos españoles ... 620
El diseño y las características técnicas 621
El riego del huerto y jardín 625
16.III.3. Las plantas agrícolas y ornamentales utilizadas durante el Renacimiento 626
16.IV. A modo de conclusión 635
Bibliografía 636

17. Protoindustria: Una perspectiva desde *Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas*
Alexander G. Keller y Manuel Silva 639
17.I. Los molinos y sus tipos 641
17.II. Otros ingenios accionados hidráulicamente 651
17.III. Procesos "proto-industriales" 661
Bibliografía 667

18. Privilegios de invención
Nicolás García Tapia 669
18.I. Inventar y descubrir 669
18.II. La técnica española en el Renacimiento 670
18. III. Origen de las patentes 672
18.IV. Privilegios de invención en España 674
18.V. Tipología de las invenciones 676
18.VI. Origen social de los inventores 678

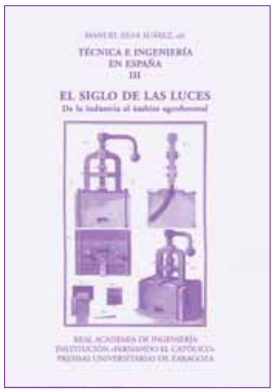
18.VII. Invenciones en la técnica naval 680
18.VIII. Máquinas para elevar el agua 683
18.IX. Invenciones en molinos 687
18.X. Precedentes de las turbinas hidráulicas 690
18.XI. Las invenciones de Jerónimo de Ayanz 691
18.XII. Máquinas de vapor para el drenaje de minas 695
18.XIII. El privilegio de inventar 698
Bibliografía 699

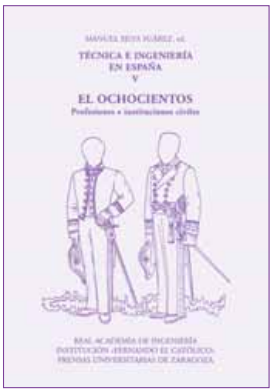
Apuntes biográficos 701

Índice de ilustraciones 739

Colección

TÉCNICA E INGENIERÍA EN ESPAÑA





I. *EL RENACIMIENTO*
(ISBN 84-7820-742-2, 624 pp., 2004)

I. *EL RENACIMIENTO. De la técnica imperial y la popular (2.ª edición corregida)*
(ISBN 84-7820-795-0, 760 pp., 2008)

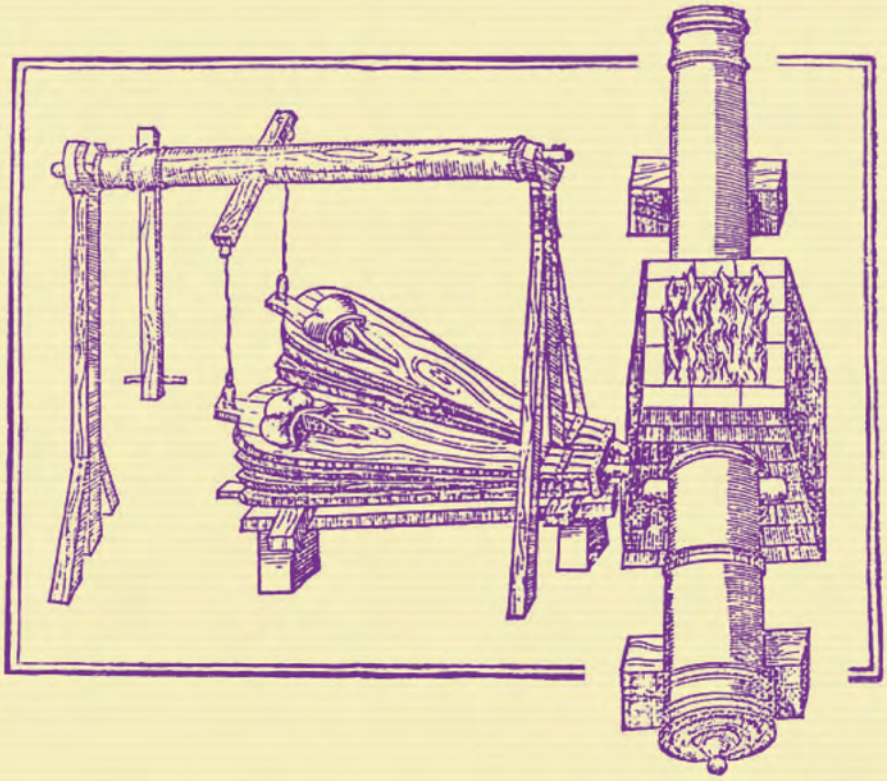
II. *EL SIGLO DE LAS LUCES. De la ingeniería a la nueva navegación*
(ISBN 84-7820-815-1, 621 pp., 2005)

III. *EL SIGLO DE LAS LUCES. De la industria al ámbito agroforestal*
(ISBN 84-7820-816-X, 573 pp., 2005)

IV. *EL OCHOCIENTOS. Pensamiento, Instituciones y Sociedad*
(ISBN 978-84-7820-920-0776 pp., 2007)

V. *EL OCHOCIENTOS. Profesiones e Instituciones Civiles*
(ISBN 978-84-7820-920-0, 736 pp., 2007)

Real Academia de Ingeniería
Institución «Fernando el Católico»
Prensas Universitarias de Zaragoza



INSTITUCIÓN FERNANDO EL CATÓLICO

DIPUTACIÓN DE ZARAGOZA

GOBIERNO DE ARAGON

Departamento de Ciencia, Tecnología y Universidad