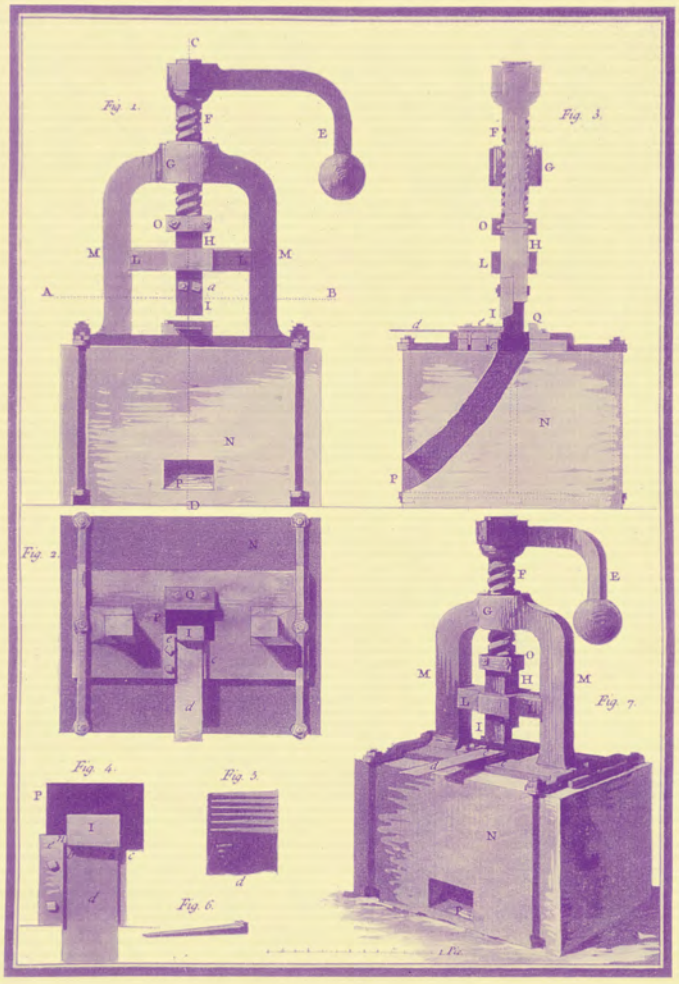
MANUEL SILVA SUÁREZ, ed.

TÉCNICA E INGENIERÍA EN ESPAÑA III

EL SIGLO DE LAS LUCES

De la industria al ámbito agroforestal



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

MANUEL SILVA SUÁREZ, ed.

EL SIGLO DE LAS LUCES

De la industria al ámbito agroforestal

TÉCNICA E INGENIERÍA
EN ESPAÑA

MANUEL SILVA SUÁREZ, ed.

TÉCNICA E INGENIERÍA EN ESPAÑA

III

EL SIGLO DE LAS LUCES

De la industria al ámbito agroforestal

Jordi Cartañà i Pinén
Vicent Casals Costa
Marco Ceccarelli
Juan Ignacio Cuadrado Iglesias
José Francisco Forniés Casals
Juan Helguera Quijada
Antonio Manuel Moral Roncal
Aurora Rabanal Yus
Antoni Roca Rosell
Julio Sánchez Gómez
Manuel Silva Suárez
Siro Villas Tinoco

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

Publicación número 2.563
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

El Siglo de las Luces. De la industria al ámbito agroforestal / Manuel Silva Suárez, ed. — Zaragoza: Institución «Fernando el Católico», Prensas Universitarias; Madrid: Real Academia de Ingeniería, 2005.

576 p.; il.; 24 cm. — (Técnica e Ingeniería en España; III)
ISBN: 84-7820-816-X

1. Industria-Historia-S. XVIII. I. SILVA SUÁREZ, Manuel, ed. II. Institución «Fernando el Católico», ed.

© Los autores, 2005.
© De la presente edición, Real Academia de Ingeniería, Institución «Fernando el Católico», Prensas Universitarias de Zaragoza, 2005.

Cubierta: Bartolomé de Sureda (dib. y grab.): «Máquina para hacer clavos», en *Descripción de las Máquinas de más utilidad que hay en el Real Gabinete de Ellas*, n.º II, Madrid, Imprenta Real, 1798.

Contracubierta: J. Fernando Palomino (fecit): «Máquina para aserrar el Mármol», n.º 3, lám. 3, fol. 9, en la *Colección General de Máquinas escogidas entre las que hasta ahora se han publicado en Francia, Inglaterra, Italia, Suecia y otras partes* (tomo I), de Miguel Gerónimo Suárez, Madrid, Imprenta de Don Pedro Marín, 1783.

ISBN: 84-7820-814-3 (obra completa)
ISBN: 84-7820-816-X (volumen III)
Depósito Legal: Z-3033-2005
Revisión técnica de la obra: Marisancho Menjón
Digitalización: María Regina Ramón, Cristian Mahulea, FOTOPRO S.A.
Maquetación: Littera
Impresión: ARPI Relieve, Zaragoza
IMPRESO EN ESPAÑA - UNIÓN EUROPEA

Presentación

LENGUAJES DE LA TÉCNICA EN TIEMPOS DE REVOLUCIONES

Son múltiples los hechos que indican que el Siglo de las Luces supone una trascendental aproximación hacia la contemporaneidad. Si sus comienzos contemplan una Revolución científica que ha alcanzado un importante grado de madurez, en la centuria también se sistematizan en varios frentes los conocimientos técnicos, sirviendo como expresión paradigmática la *Encyclopédie, ou Dictionnaire Raisonné des Sciences, des Arts et des Métiers* de Diderot y D'Alembert (1751-1772), cuya publicación viene a coincidir con el arranque en Inglaterra de la Revolución industrial. Por último, la Revolución francesa, referente histórico general para señalar el inicio de la Edad Contemporánea, marcará, casi a comienzos de la última década, un drástico cambio en las mentalidades.

En lo relativo a la técnica, la Revolución industrial –esencialmente energética y mecánica– supone la eclosión del maquinismo[1]. Desde mediados del siglo XVIII, la fabricación de bienes comienza a incrementarse significativamente mediante la sustitución del trabajo humano por la máquina, llegándose a la paradoja de que ello no supondrá una mejora de las condiciones de los operarios en el marco laboral imperante. Esta dependencia del individuo frente a la máquina impondrá nuevas relaciones de producción insospechadamente duras. Productividad y pérdida de libertad del operario sobre la orientación y el ritmo de trabajo serán dos caras de un mismo proceso. Si bien la neta separación entre el diseño y la ejecución de artificios comienza a marcar desde el Renacimiento un desdoblamiento del artesano en ingeniero y obrero[2], ahora se agudiza y extiende la segregación, al tiempo que las tareas se parcelan, simplifican y tornan repetitivas, nada creativas, en el ámbito productivo. Además, el

---

[1] Sus primeros síntomas y el nacimiento del régimen fabril tienen por escenario privilegiado el sector textil inglés. Valga como apunte señalar innovaciones dieciochescas como la lanzadora volante (J. Kay, 1733); las máquinas de hilar algodón *spinning jenny* (J. Hargreaves, 1764), *water frame* (R. Arkwright, 1769) y *spinning mule* (S. Crompton, 1779); o el telar mecánico (E. Cartwright, 1784). En el ámbito energético y metalúrgico, las máquinas de vapor con condensador separado y de doble efecto (J. Watt, 1769 y 1784) y la fundición del hierro con coque (A. Darby, 1713). En Manchester, en 1789 se aplica por primera vez la máquina de vapor en una fábrica (v. por ejemplo, S. LILLEY: *Hombres, máquinas e historia,* Artiach, Barcelona, 1973).

[2] José ORTEGA Y GASSET: *Meditación de la Técnica,* Revista de Occidente, Madrid, 1939.

siglo XVIII es el de la institucionalización, con rasgos de gran modernidad, de profesiones técnicas como ingenieros, cartógrafos y arquitectos, para las que se definen programas formativos reglados.

Por otro lado, es sabido que los descubrimientos geográficos renacentistas condujeron a una primera visión global del planeta y a un drástico incremento de los intercambios comerciales. En este Siglo de la Razón, tanto el conocimiento de las otras partes del globo terráqueo como la intensidad de las transacciones económicas se perfeccionan de forma importante. Por ello, se llega a la conclusión de que la extraordinaria diversidad de los conjuntos de unidades de medida al uso[3] y la carencia de una racionalidad entre ellas es un freno para ese fluir de conocimientos y mercancías. A instancia de la Academia de Ciencias parisina, la Revolución francesa impulsará en 1795 la unificación y racionalización de las unidades existentes, y su integración en un sistema con relaciones simples, para lo que adopta los múltiplos decimales, dando lugar al llamado *Sistema métrico decimal*, con referencia básica inicial en el metro geodésico, y del que se derivan las unidades de superficie, volumen (por ejemplo, el litro) y peso (el kilogramo), entre otras[4].

Trazar aun someramente los vectores principales de los cambios que se gestan en ese siglo optimista desborda la modesta pretensión de estas páginas introductorias, siendo necesario reconocer que, por ejemplo, la denominada Revolución industrial tardará realmente en hacerse patente en España. A continuación nos limitamos a mostrar, de forma muy sintética, que los lenguajes básicos de la nueva técnica, los medios generales para representar ideas o comunicarlas, soportes para el razonamiento informado, sufren un importante impulso. Tienen interés general la *lengua*, a veces impropiamente denominada lenguaje «natural», pura construcción artificial sujeta a la dinámica de la cultura; el *dibujo*, privilegiado medio de representación no sólo a la hora de transmitir información sobre apariencias geométricas o perspectivas, sino que desde el Renacimiento también pretende definir dimensionalmente realidades (territorios, edificios, máquinas, etc.) o plasmar y transmitir proyectos; y las *matemáticas*, capaces no sólo de modelar cuantitativamente una cierta realidad, sino también de deducir sus evoluciones, o de predecir cualitativamente comportamientos.

---

[3] Por ejemplo, la unidad de longitud de una ciudad dada se solía grabar en algún punto fácilmente accesible: las puertas de la misma en las poblaciones islámicas, ya que sus mercados eran normalmente extramuros, o en los paramentos de una iglesia, en las cristianas.

[4] En esa tarea estuvo presente la Corona española, con representante tan cualificado como el marino Gabriel Ciscar, por ejemplo (v. J. F. LÓPEZ SÁNCHEZ y M. VALERA CANDEL: «Gabriel Ciscar en el Congreso de unificación de pesas y medidas de París de 1798», *Asclepio,* vol. XLVI-1-1994, pp. 3-35). Inicialmente (1795) el metro se define con una referencia geodésica, la diezmillonésima parte del cuadrante del meridiano terrestre, para materializarse cuatro años después en una regla, de platino, depositada en París.

La lengua

Un pensamiento mínimamente evolucionado es imposible sin la lengua[5]. Como afirma Martín Municio,

> «filósofos, lingüistas, antropólogos coinciden en que sin el concurso de los signos seríamos incapaces de reconocer las ideas. El pensamiento sería una nebulosa donde nada está necesariamente delimitado, y donde nada sería distinto antes de la aparición de la lengua: el pensamiento es imposible sin el lenguaje»[6].

De ahí que «la lengua es la primera ciencia que posee el hombre»[7]. Su interacción con el pensamiento llevó al razonamiento abstracto, esencial en la construcción de la ciencia y la técnica modernas, que continuamente han de identificar y nombrar nuevos conceptos o realidades tangibles (elementos, compuestos, ingenios). Ciencia y técnica son dos fantásticos impulsores de la expansión del lenguaje. Su terminología permite la comunicación interna dentro de las comunidades específicas, así como la difusión de la correspondiente cultura.

Desde el Renacimiento, los nuevos poderes y la realidad social hacen que las lenguas romances se dignifiquen. Por razones prácticas se emplean profusamente en el ámbito técnico, y en bastante menor medida en el científico[8]. En cualquier caso, el siglo XVI es consciente de ese progreso sobre los antiguos griegos y romanos, lo que lleva a la exaltación de lo moderno. Por consiguiente, la propia expresión en lenguas romances se convierte en cuestión honorífica, de afirmación en los incipientes contextos nacionales. No obstante, la literatura técnica renacentista todavía mantiene a veces adherencias retóricas, escolásticas, incluso míticas, propias del medioevo.

---

[5] A la interacción entre la lengua y la técnica dieciochesca se dedica, en el volumen II de esta colección, el cap. 6, escrito por Pedro ÁLVAREZ DE MIRANDA: «Consideraciones sobre el léxico "técnico" en el español del siglo XVIII». Como referencia paralela, relativa al siglo XVI, se puede consultar el capítulo 8 del volumen I de esta misma serie, por M.ª Jesús MANCHO DUQUE: «La divulgación técnica: características lingüísticas», en M. SILVA SUÁREZ (ed.): *Técnica e ingeniería en España I. El Renacimiento*, Real Academia de Ingeniería, Institución Fernando el Católico y Prensas Universitarias de Zaragoza, 2004, pp. 307-340. Además de las referencias explícitas que seguirán, reflexiones sobre la lengua, la ciencia y la técnica se pueden encontrar en Bertha GUTIÉRREZ RODILLA: *La Ciencia empieza en la palabra,* Península, Barcelona, 1998; o Mauricio JALÓN: «¿Qué es la Ilustración Española? La centralización de las Ciencias», en J. L. PESET (ed.): *Historia de la Ciencia y de la Técnica en la Corona de Castilla. Siglo XVIII,* Junta de Castilla y León, Valladolid, 2002, pp. 23-47. Un desenfadado, divulgativo e interesante análisis, en un marco absolutamente general, en Álex GRIJELMO: *El genio del idioma*, Taurus, Madrid, 2004.

[6] Ángel MARTÍN MUNICIO: «El español y la ciencia», en *II Congreso Internacional de la Lengua Española,* Valladolid, 2001.

[7] *Ibid.*

[8] La nueva técnica, iluminada por las ciencias, no será acogida en los latinizados claustros de una especulativa universidad fundamentalmente anclada en el escolasticismo.

Durante el siglo XVII el lenguaje se hace barroco, pomposo, vano, ambiguo, lo que conviene mal a las descripciones precisas y directas que la técnica y la ciencia exigen. Por otro lado, la cultura de la Ilustración, la Edad de la Razón, desde un nuevo "gusto" entabla una cruzada oficial contra la extravagancia presuntuosa de carácter lingüístico, en cierto modo análoga a la acometida contra los excesos arquitectónicos del barroco castizo y el churriguerismo. La nueva norma contemplará la sencillez y naturalidad en la manera de hablar y de escribir, combatiendo metáforas, anfibologías y perífrasis. Naturalidad, claridad, flexibilidad, capacidad de registros matizados, concisión y precisión son objetivos perseguidos. En particular, buscando la precisión se pretende contener la sinonimia y la polisemia, visando idealmente la correspondencia biunívoca entre significado y significante, aunque ello pueda cercenar registros literarios. La Real Academia Española (1714), sobre la base del castellano renacentista, adoptará un criterio racionalista, lo que se puede deducir de su conocido lema: *Limpia, fija y da esplendor*.

En los procesos de formación léxica de tecnicismos, por oposición a la creación de vocablos "nativos", abunda la creación culta, la "derivación fabricada", lo que da lugar a "vocablos adultos"[9]. A la universalidad de la técnica y la ciencia, las lenguas modernas responden también con "universalidad" léxica, a veces producto de laboriosos consensos para su mayoritaria aceptación, incluso objeto de normalización internacional, lo que explica la proporción de raíces grecolatinas. De este modo, se reducen las barreras nacionales y culturales y se facilita la traducción a otras lenguas, al tiempo que se exhibe un prurito de erudición e imparcialidad. Como neologismos, además de los formados con raíces clásicas, como la «vitalidad, cohesión, expansión y difusión y penetración de una lengua depende del prestigio que, para propios y ajenos, tenga la cultura de la cual es portadora»[10], se incorporan con frecuencia italianismos, galicismos y anglicismos, también arabismos, recuerdo de su bien ganado prestigio y capacidad de generación medievales. En cualquier caso, se utilizan elementos compositivos propios de la derivación léxica, como las formaciones a partir de una base sustantiva o el predominio de ciertos sufijos patrimoniales que expresan transformación o acción (*-ción, -aje, -dor, -izar, -ificar,* etc.).

El desarrollo científico y técnico impulsa el avance del lenguaje y en el Siglo de las Luces se busca modelar el uso de la lengua empleando una matriz racionalista, ya que la razón «no puede extraer sus ideas, ni compararlas ni perfeccionarlas sino por medio de la palabra o del discurso»[11]. Esto supondrá también una más depurada sintaxis, un discurso mejor alineado, lo que afecta a la ordenación precisa de las ideas, así

[9] M.ª Antonia MARTÍN ZORRAQUINO: «Formación de palabras y lenguaje técnico», *Revista Española de Lingüística*, 27, 2, pp. 317-339.

[10] Ángel MARTÍN MUNICIO, 2001, *op. cit.*

[11] M. G. de JOVELLANOS: *Diarios,* 14 al 30 de enero de 1794.

como el establecimiento de una nomenclatura específica de conceptos, elementos, mecanismos y artificios.

Según Antonio Capmany en sus *Discursos analíticos sobre la formación y perfeccionamiento de las lenguas, y sobre la castellana en particular*[12],

> «desde que en España se traduce bien [...] el idioma ha tomado un vuelo sublime, y ha recibido un nuevo lustre con el caudal de voces científicas, compuestas y naturales que ha adoptado de día en día [...]. Si yo hubiese de hablar aquí del estilo, haría ver que éste también se ha reformado prodigiosamente [...]. Esta innovación de la pureza de la expresión y del estilo, ha venido de la imitación de los buenos ejemplares de este siglo pensador, que ha reformado el gusto y el entendimiento, y por consiguiente el modo de raciocinar».

En efecto, en la incorporación de neologismos científicos y técnicos tuvieron un significativo papel los traductores de obras extranjeras[13]. Entre otros, científicos como Pedro Gutiérrez Bueno y Casimiro Gómez Ortega, artilleros como Juan Manuel Munárriz e ingenieros militares como Miguel Sánchez Taramas o Tadeo Lope y Aguilar. El jesuita Esteban Terreros y Pando (1707-1782), en el prólogo de su traducción del *Espectáculo de la Naturaleza* (del abate Noël-Antoine Pluche, h. 1755), declara: «Me armé de Diccionarios, ya de Artes y Ciencias, y ya Universales, y así mismo de los Libros facultativos que pedía la variedad de materias que se trataba».

Consecuencia de este rigor será su monumental *Diccionario castellano con las voces de Ciencias y Artes* (Madrid, Viuda de Ibarra, 1786-1793), obra cumbre hispana en lo relativo a la lexicografía dieciochesca junto con el de *Autoridades* (de la Real Academia Española), aunque el de Terreros con cierto énfasis en términos técnicos. Publicado póstumamente, debido a la expulsión de la Compañía de Jesús, Terreros declara haberle dedicado sesenta mil horas de trabajo. Es un diccionario general de la lengua que contiene un significativo número de tecnicismos, tanto de artes liberales como mecánicas (Arquitectura, Carpintería, Labranza, Maquinaria, Sastrería, Tintes, etc.). Síntoma de modernidad, más allá de la cultura meramente literaria, afirma en su prólogo que no sólo

> «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».

---

[12] Original en paradero desconocido. Pedro Álvarez de Miranda, a quien agradecemos el dato, nos indica que debe de ser de 1773, no de 1776, fecha propuesta por el Conde de la Viñaza. Cita reproducida por Juan SEMPERE Y GUARINOS: *Ensayo de una biblioteca española de los mejores escritores del reinado de Carlos III,* tomo segundo, Imprenta Real, Madrid, pp. 142-143.

[13] Josefa GÓMEZ DE ENTERRÍA: «Notas sobre la traducción científica y técnica en el siglo XVIII», *Quaderns de Filologia. Estudis Lingüístics*, VIII, 2003, pp. 35-67.

Si es una novedad de la literatura técnica del XVI la aparición en anexo de algunas obras de vocabularios específicos a la temática tratada, insertos con la intención de presentar vocablos «obscuros y dificultosos», a finales del XVII y durante el XVIII surgirán repertorios especializados[14]. Entre los dominios en los que se ofrecerán mayores innovaciones terminológicas están la botánica (bajo el frenesí taxonomista), la electricidad[15] o la química, donde se produce una singular sustitución de la obsoleta terminología alquímica por una nueva, basada en los avances fulgurantes de las postreras décadas del siglo. Asumidos los conceptos de elemento y compuesto, se adoptará también una forma "algebraica monomial" a partir de los símbolos codificadores de los elementos que, inicialmente muy eficiente, se mostrará ineficaz décadas después al considerarse los compuestos orgánicos. La complejidad inherente a la identificación de conceptos y mecanismos será visible a través de cambios de significados, y de necesarios consensos internacionales para establecer nuevos vocabularios normalizados. De hecho, el estudio de la terminología es un magnífico vehículo para el estudio de la historia de la ciencia y la técnica[16].

El dibujo: cartográfico, arquitectónico y de máquinas

El lenguaje verbal y escrito es lineal, por lo que hay que extraer la estructura del relato, siendo además poco apto para tratar realidades geométricas complejas. En este

[14] Dos campos en los que esto es más frecuente son la náutica y la arquitectura. Así, en el siglo XVI y en el primer ámbito, 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, presenta un importantísimo lexicón de unas quinientas voces: «Vocabulario de los nombres que usa la gente de mar en todo lo que pertenece a su arte»; el impreso de Tomé CANO: *Arte para fabricar, fortificar y aparejar naos* (Sevilla, 1611), contiene un considerable vocabulario, aunque más reducido, titulado: «Declaración de los Vocablos de esta fábrica». En la esfera edificatoria, Miguel de URREA traduce el texto vitrubiano (M. VITRUVIO POLLION: *De Architectvra, dividido en diez libros, traduzidos de Latín en Castellano por Miguel de Urrea, Architecto,* Alcalá de Henares, 1582), complementándolo con un interesante «Vocabulario de términos obscuros y dificultosos», con más de trescientas entradas. En el XVIII, en correspondencia, se encuentran obras independientes como el *Vocabulario Marítimo y Explicación de los Vocablos que usa la gente de Mar, en su exercicio del Arte de Marear* (Sevilla, 1722), con unas cuatrocientas setenta entradas (es una versión corregida y completada con 245 vocablos de otra de 1696), y el *Diccionario de Arquitectura Civil* (Madrid, 1802), obra póstuma de Benito Bails (1730-1797), que contiene más de mil novecientos «términos de un arte».

[15] José Antonio MORENO VILLANUEVA: «Algunas notas sobre la formación del léxico de la electricidad a partir de los textos de la segunda mitad del s. XVIII», en *Actas del IV Congreso Internacional de Historia de la Lengua Española*, Logroño, Universidad de La Rioja, 1998, II, pp. 541-552.

[16] Para el caso de la química puede consultarse, por ejemplo, Antonio GARCÍA BELMAR y José R. BERTOMEU SÁNCHEZ: *Nombrar la materia. Una introducción histórica a la terminología química,* Ediciones del Serbal, Barcelona, 1999.

doble sentido es complementario el lenguaje gráfico, que se convierte en *lingua franca* de la técnica[17]. Téngase en cuenta que en el dibujo "técnico" –mucho más que geometría– intervienen variables de *estilo gráfico* (proyecciones, sombras, texturas, colores, líneas, símbolos, acotaciones...), constituyendo un medio expresivo esencial en la técnica[18]. Al igual que el lenguaje verbal o las matemáticas, como recurso de transmisión que permite su reflejo en soportes perennes, el dibujo favorece el "diálogo del diseñador consigo mismo", convirtiéndose en indispensable medio de reflexión y experimentación sobre papel[19].

La actuación de los ingenieros y profesiones conexas comprende desde el conocimiento morfológico del medio físico, su estructuración territorial (con fines administrativos, por ejemplo) y defensa, hasta el diseño de máquinas para operaciones concretas. Por ello, conviene considerar las diferencias técnicas esenciales del dibujo como recurso para la representación a finales del Renacimiento y del Siglo de las Luces[20]. Valga como indicación previa que el siglo XVI es realmente revolucionario en conceptos y métodos para la especificación gráfica. El realismo inherente al arte de la época, donde se desarrollan múltiples teorías sobre la perspectiva, se refleja en descripciones que abandonan el carácter predominantemente simbólico, característico del mundo medieval. En el Quinientos se llegan a definir dimensionalmente las especificaciones (uso de proyecciones ortogonales), empleando algunos diseñadores el dibujo incluso como soporte abstracto para el razonamiento sobre posibles comportamientos, pudiéndose observar la evolución de los "retratos (ilustraciones o dibujos perspectivos) a esquemas geométricos".

En lo que a la cartografía se refiere[21], se distinguen dos niveles de descripción: una global, geográfica (matematizada), y otra local, corográfica (más bien pictórica).

---

17 A. FERGUSON: *Engineering and the Mind's Eye,* The MIT Press, Cambridge, Mass., 1992.

18 De hecho, su dominio permite plasmar diseños, con lo que en el Renacimiento la posesión de las técnicas del dibujo se convierte en gran medida en emblema discriminante entre los nuevos profesionales liberales (cartógrafos, ingenieros, arquitectos) y los operarios o artesanos constructores (M. SILVA SUÁREZ: «El lenguaje gráfico: inflexión y pervivencias», 2004, *op. cit.*, pp. 239-306).

19 El uso de sistemas informáticos altera hoy en día, en esencia, el medio mecánico de producción.

20 Por consiguiente, este rápido apunte no pretende sobrevolar el riquísimo patrimonio gráfico disponible, sino que se centra en identificar algunos rasgos definitorios del dibujo "técnico" del siglo XVIII, que permitan diferenciarlo del renacentista, presentado con cierto detalle en M. SILVA SUÁREZ: «El lenguaje gráfico: inflexión y pervivencias», 2004, *op. cit.*, pp. 239-306.

21 Entre las múltiples referencias que enfatizan aspectos históricos o patrimoniales de la cartografía dieciochesca, lo que no es objeto de atención aquí, se encuentran: VV. AA.: *Historia de la Cartografía Española*, Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Madrid, 1982; H. CAPEL: *Geografía y matemáticas en la España del siglo XVIII,* Oikos-Tau, Barcelona, 1982; H. CAPEL: «Geografía y cartografía», en M. SELLÉS *et al.: Carlos III y la ciencia de la Ilustración,* Alianza Universidad, Madrid, 1989, pp. 99-126; A. BONET CORREA: *Cartografía militar de plazas fuertes y ciudades españolas, siglos XVII al XIX. Planos del Archivo Militar Francés,* Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales, Madrid, 1991; M.ª L. MARTÍN-MERÁS: *Cartografía Marítima*

De forma muy simplificada y en el primer nivel, durante el Renacimiento se recupera la herencia helenística, en la que se encuentran ideas tan básicas como: 1) la "esfericidad" de la Tierra; 2) la utilidad de coordenadas de longitud y latitud (computables gracias a determinaciones astronómicas) para posicionar de forma absoluta un lugar; 3) el interés de proyecciones diversas para aproximar la representación sobre un plano, según el uso previsto del mapa[22].

Desde el punto de vista del trazado, los métodos de *triangulación* muestran su enorme eficacia, junto con la determinación por medios cosmográficos de las coordenadas de latitud y longitud de puntos singulares. Si hubiera de destacarse un sistema de representación empleado de forma preponderante por la Casa de la Contratación en su ingente tarea cartográfica, sería el de *cartas planas,* retículas de longitud *versus* latitud, que desgraciadamente no son ni conformes, ni equivalentes, ni ortodrómicas, aunque sí prácticas para la navegación de la época. Entre las múltiples proyecciones renacentistas sobresale la conforme, introducida en 1569 por Gerard Mercator. Dado que las líneas loxodrómicas (rumbo constante) son rectas en el plano, la tarea del piloto se facilita de forma importante; sin embargo, este tipo de proyección fue muy poco empleada en el Renacimiento, ya que –rechazo de la innovación– los navegantes no la querían usar. En España será adoptada de forma sistemática por Vicente Tofiño de San Miguel en su *Atlas Marítimo de España* (1789), denominándose *esféricas* tales cartas (v. la fig. 11.9, del volumen II). En lo concerniente a la cartografía terrestre, la gran asignatura pendiente que deja el Renacimiento es la representación del relieve, que se suele hacer con métodos intuitivos en los que se emplean *abatimientos,* o *vistas a vuelo de pájaro* o similares (por ejemplo, proyecciones paralelas de muy diferente inclinación con respecto al suelo). En estos casos, si la orografía es importante, se producen oclusiones indeseables. En suma, si bien la planimetría es razonablemente expresada a finales del XVI, la altimetría habrá de esperar al XVIII para disponer de procedimientos alternativos mejores, así como instrumentos y

Hispana. La imagen de América, Lunwerg/CSIC, Barcelona, 1993; A. HERNANDO: *El mapa de España. Siglos XV-XVIII,* Ministerio de Fomento/Instituto Geográfico Nacional, Madrid, 1995; R. L. KAGAN (coord.): *Imágenes urbanas del mundo hispánico: 1493-1780*, El Viso, Madrid, 1998. Perseguido por Jorge Juan y en palabras del marqués de la Ensenada, la realización de un «mapa de España científicamente levantado» será una tarea que no recibirá la suficiente atención hasta mediados del XIX. Sobre este particular, A. T. REGUERA RODRÍGUEZ: «Cartografía y Política. El proyecto del Mapa de España», *Estudios Geográficos,* tomo LVI, n.º 219, 1995, pp. 99-129.

[22] Los sistemas de proyección cartográfica establecen correspondencias matemáticas entre las coordenadas geográficas y su representación en un plano, en el mapa. Las proyecciones *conformes* mantienen los ángulos, algo importante para navegar con rumbo constante: las curvas *loxodrómicas* se proyectan como rectas. En las proyecciones equivalentes las áreas en el mapa son proporcionales a las reales. En las *ortodrómicas* los círculos máximos (mínimas distancias entre dos puntos) se proyectan como rectas (recuérdese que en la esfera las líneas *loxodrómicas* no definen los trayectos de longitud mínima). Además, existen proyecciones en las que no se busca preservar matemáticamente ninguna de propiedad específica, sino un cierto compromiso.

métodos para estimar con cierta precisión la altitud de los accidentes geográficos. La evolución en la expresión del relieve durante el siglo XVI, y hasta avanzado el XVIII, fue esencialmente plástica: se mejora el realismo paisajístico al tiempo que se eleva el punto de vista, llegándose en algunos levantamientos incluso a perspectivas cenitales.

Los mapas del Setencientos llegan a exhibir concepciones gráficas bastante modernas. Preside la mejora una tensión entre el rigor geométrico y la expresividad plástica, compromiso que aún hoy en día no tiene solución única, en el que también tienen que decir especialistas en sicología o en arte (sobre relaciones entre estímulos –colores, texturas, luminosidades, gradientes, trazos– y percepciones). En España, bajo el impulso del conde de Aranda se sistematizan escalas, medidas y símbolos (ciudades, fortalezas, puentes, vegetación...). Para la representación del relieve, desde el siglo anterior se vienen considerando conjuntos densos de *puntos acotados*, técnica problemática, dada la ausencia de estructuración en los datos. Por otro lado se desarrollan métodos basados en *líneas estructurales* (aproximación poliédrica del relieve), *líneas de máxima pendiente* (con efectos inducidos sobre el sombreado)[23] y *curvas de configuración horizontal* (precedente inmediato de las *curvas de nivel,* también denominadas *altimétricas, hipsométricas* o *hipsoisas*[24]; *de profundidad, batimétricas* o *isobatas* en el caso de que se describan fondos lacustres o marinos). Sin entrar en detalles, valga anunciar que, al terminar el Setecientos, mediante barómetros se pueden estimar razonablemente las altitudes[25], al tiempo que la instrumen-

---

[23] Al concluir el siglo XVIII, J. G. Lehman (1765-1811), profesor de la Escuela Militar de Dresde, mejorará la representación incorporando cuantificación geométrica, normalizando las líneas de máxima pendiente: separación en función de la escala, anchura en función del valor de la pendiente, y trazos de la longitud necesaria para especificar un desnivel dado. Se obtienen cartas rayadas, muy aptas para ser grabadas, suponiendo una iluminación cenital. Medio siglo después, merced a las nuevas técnicas coloreadas de reproducción, se jugará con la oscuridad de las tintas hipsométricas.

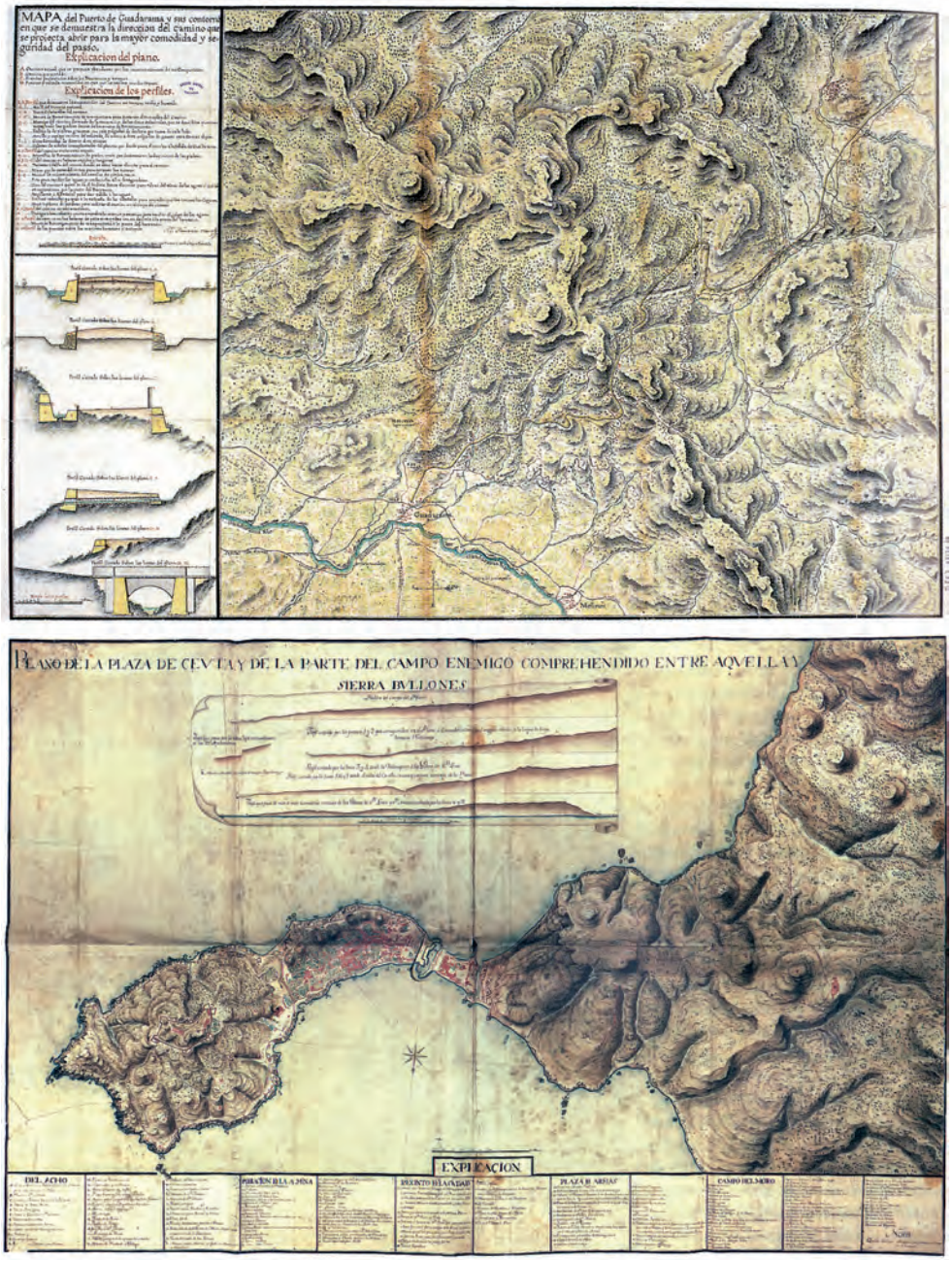
[24] Las curvas de nivel corresponden a las proyecciones ortogonales sobre un plano base (cota cero: el nivel medio del mar) de las intersecciones del terreno con sucesivos planos horizontales equidistantes, siendo la distancia de base función de la escala del mapa. A. BLÁZQUEZ, en «Una joya americana del siglo XVI» (*Revista de Geografía Colonial y Mercantil,* tomo VII, 3 y 4, 1910, pp. 81-98), 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. Es decir, como curvas de configuración horizontal, precedente de las curvas de nivel que estarían disponibles un cuarto de milenio después. Muy controvertido, ejemplo de que las innovaciones se realizan a veces sobre múltiples mejoras menores, en sitios diferentes pero donde se dan las circunstancias requeridas, se suele presentar como referencia del uso primero de isolíneas en el mapa de N. S. Cruquius (1678-1754) sobre el estuario del Merwede (h. 1730), afluente del Rin.

[25] La medición de alturas con barómetros tiene su origen en la comprobación (experimentos de 1641) de la existencia de la presión atmosférica por Evangelista Torricelli (1608-1647). En 1648 Blaise Pascal (1623-1662) demostró su variación con la altitud. Por medios barométricos, Alexander Humboldt (1769-1859) dedujo en 1799 la existencia de la meseta peninsular ibérica y estimó la altura del Mulhacén en unos 3.650 m (es decir, con un error del orden de +5 %).

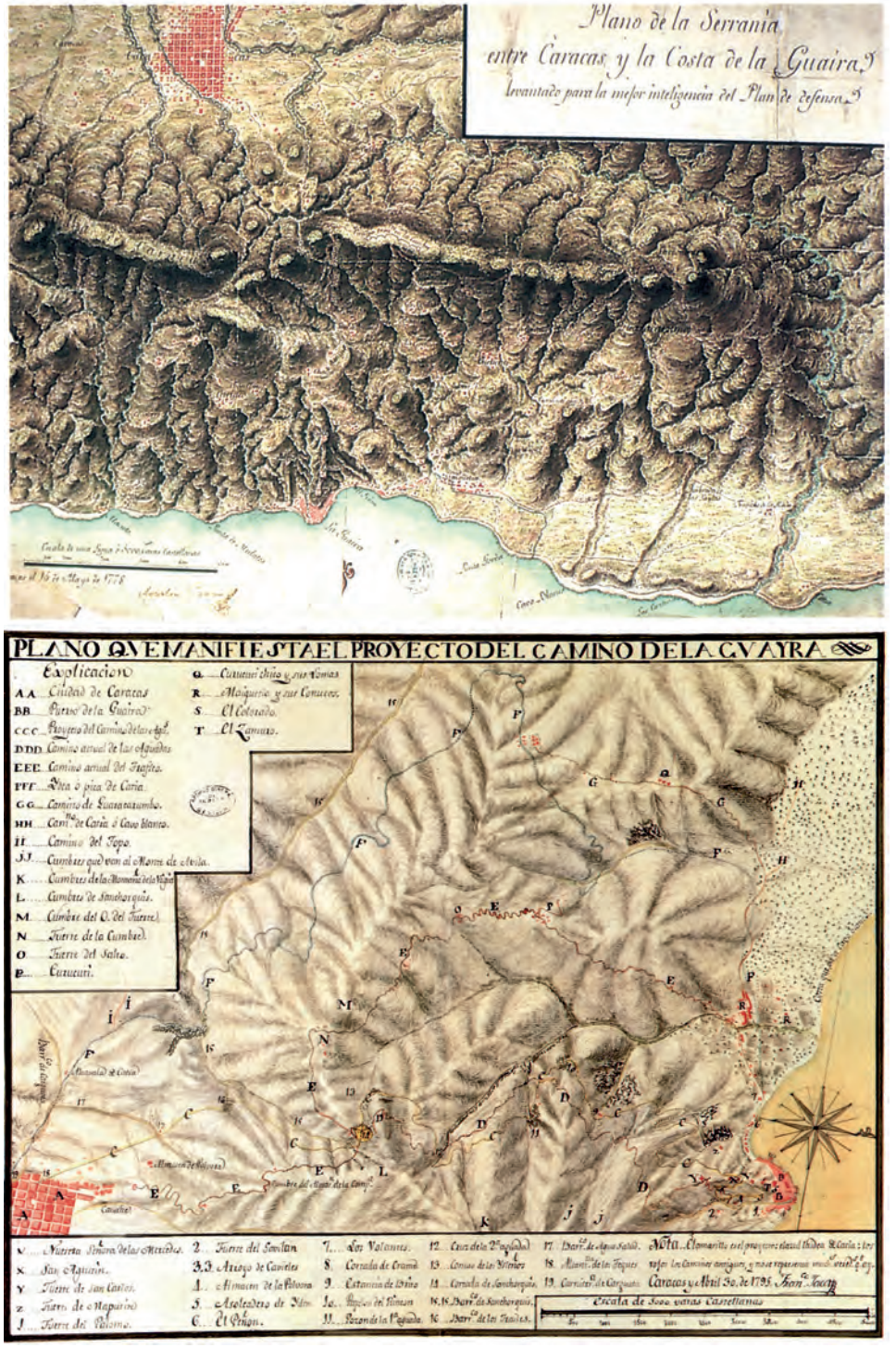
Continuacion de las Advertencias
P A R
T E
D E
C
OCCIDENTE
Tudela
Agreda
MONCAIO
BORJA
Calcena
Aranda V.
de Aranda
Hijuela
Illueca V.
Plasencia
R. Xalon
CALATAIUD
Mesa
DAROCA
Cimballa

0.1. Reedición del epítome de la cartografía terrestre renacentista: *mapa de Aragón (proyección cónica) completado y corregido por el erudito Tomás Fermín de Lezaún (1777) sobre las planchas grabadas por Diego de Astor, discípulo de El Greco, para Juan Bautista Lavaña, 1619. (Mapa completo: ejemplar de la colección Pedro Adiego; detalle: ejemplar de la Biblioteca de la RSE Aragonesa.)*

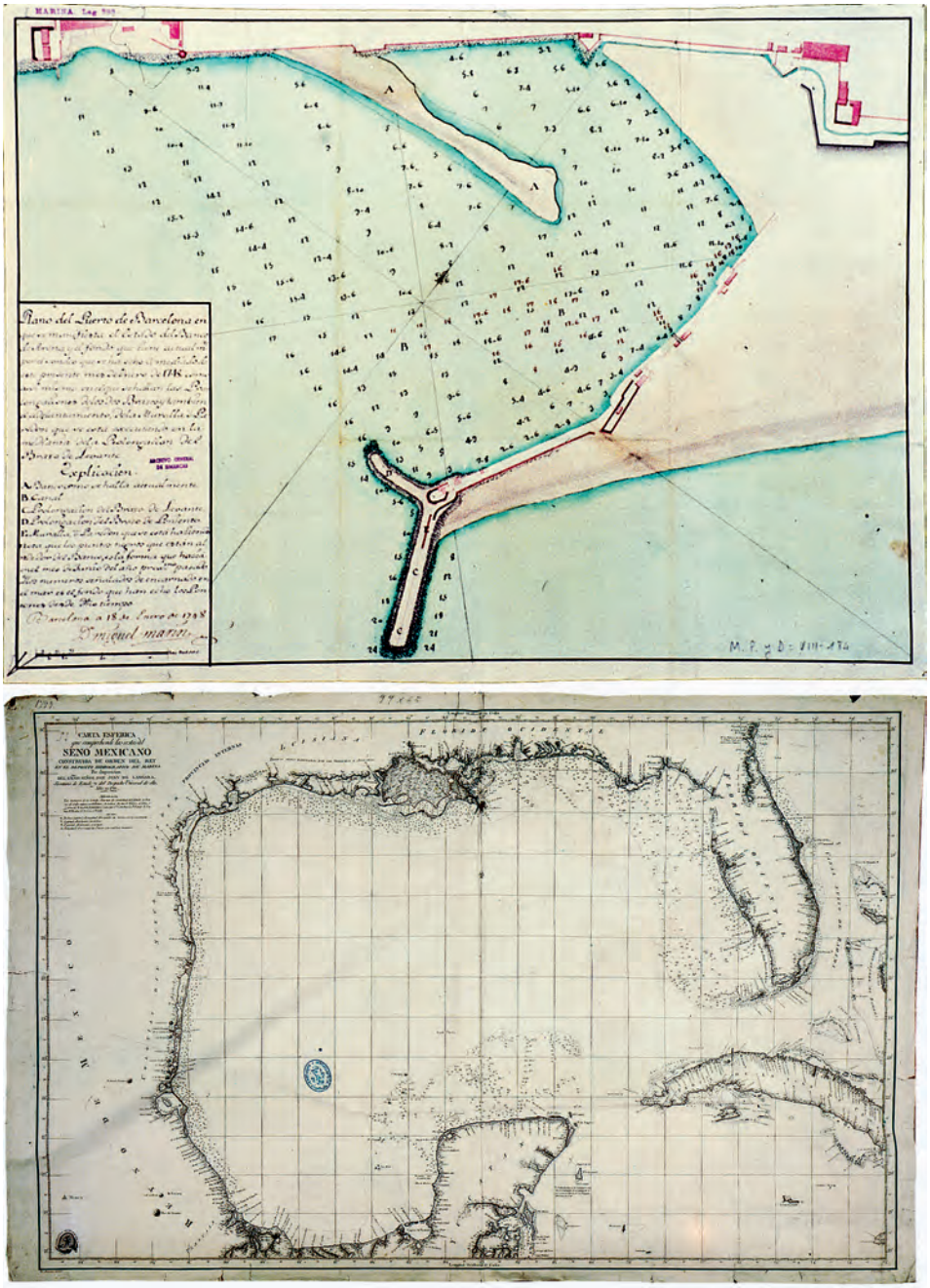
0.2. «Mapa de parte de los virreinatos de Buenos Aires, Lima, Santa Fe y capitanía general de Caracas en la América Meridional *con las colonias portuguesas limítrofes para acompañar al proyecto, y reflexiones sobre la mejor demarcación de límites entre los dominios de ambas coronas, dispuesto y construido por el brigadier e ingeniero en jefe Dn. Francisco Requena», Madrid, 1796. (Biblioteca del Congreso.)*



0.3. Líneas de configuración horizontal con sombreados y otros recursos gráficos: *1) Francisco de Nangle: «Mapa del Puerto de Guadarrama y sus contornos, en que se demuestra la dirección del camino que se proiecta abrir para la mayor comodidad y seguridad del passo», 1749 (AGS, M. P. y D., XXIX-30); 2) «Plano de la Plaza de Ceuta de la parte del Campo enemigo, comprehendido entre aquella y Sierra Bullones», mediados del XVIII (Museo Naval de Madrid, inv. 96-10). Otro bello, gráficamente minimalista y de una gran modernidad, mapa con líneas de confirmación horizontal, muy anterior a los aquí presentados, es el del también ingeniero militar Luis Langot, «Planta de la salina de Cardona», h. 1717. (AGS, M. P. y D., 2, 9.)*

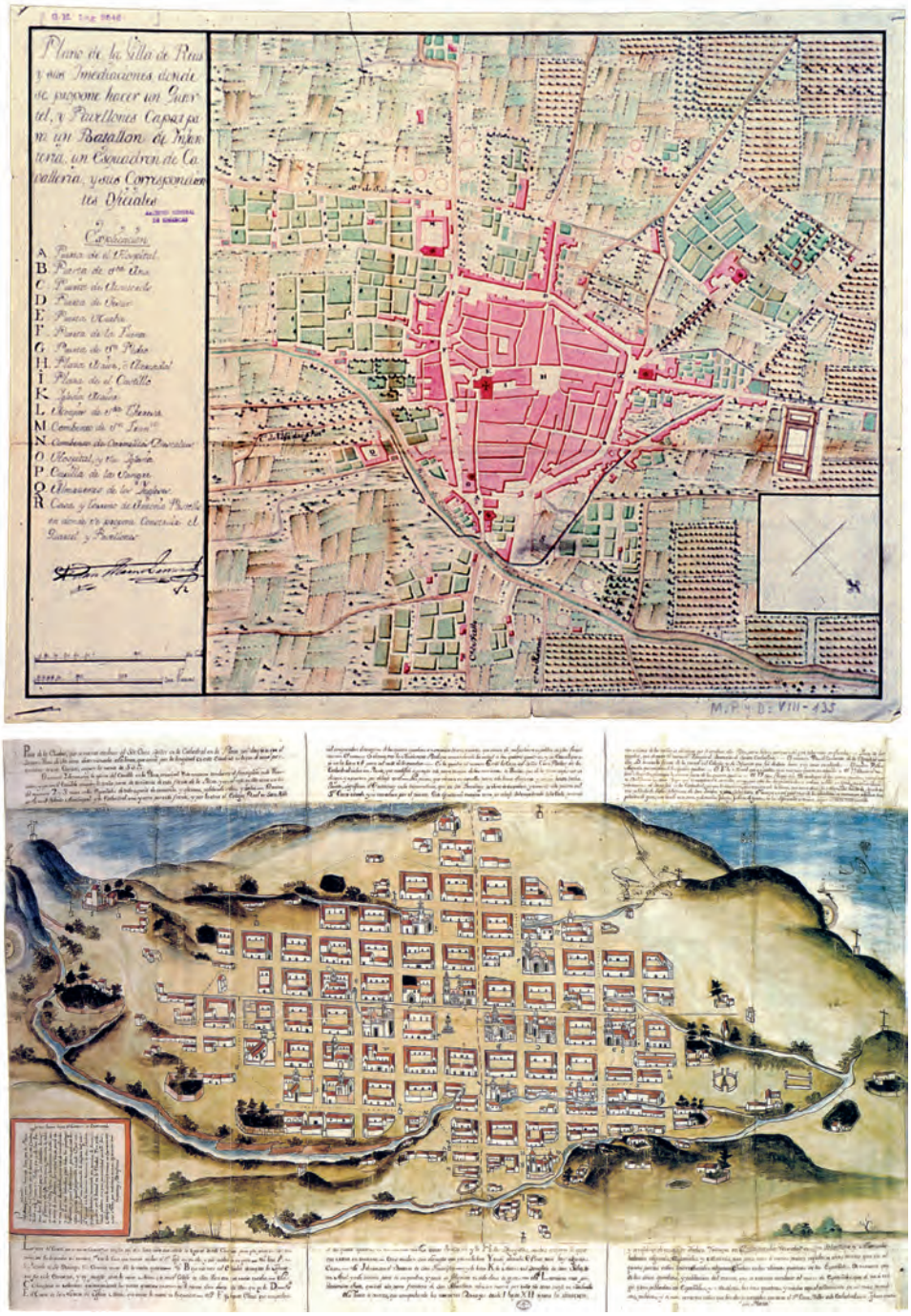


0.4. Expresiones plásticas del relieve con sombreados y aproximación a líneas de configuración horizontal y de máxima pendiente: *Camino Real de Guaira a Caracas. Planos de los ingenieros militares Agustín Crame, 1778 (SHM, inv. 6096), y Francisco Jacot, 1795 (AGI, Venezuela, 235).*

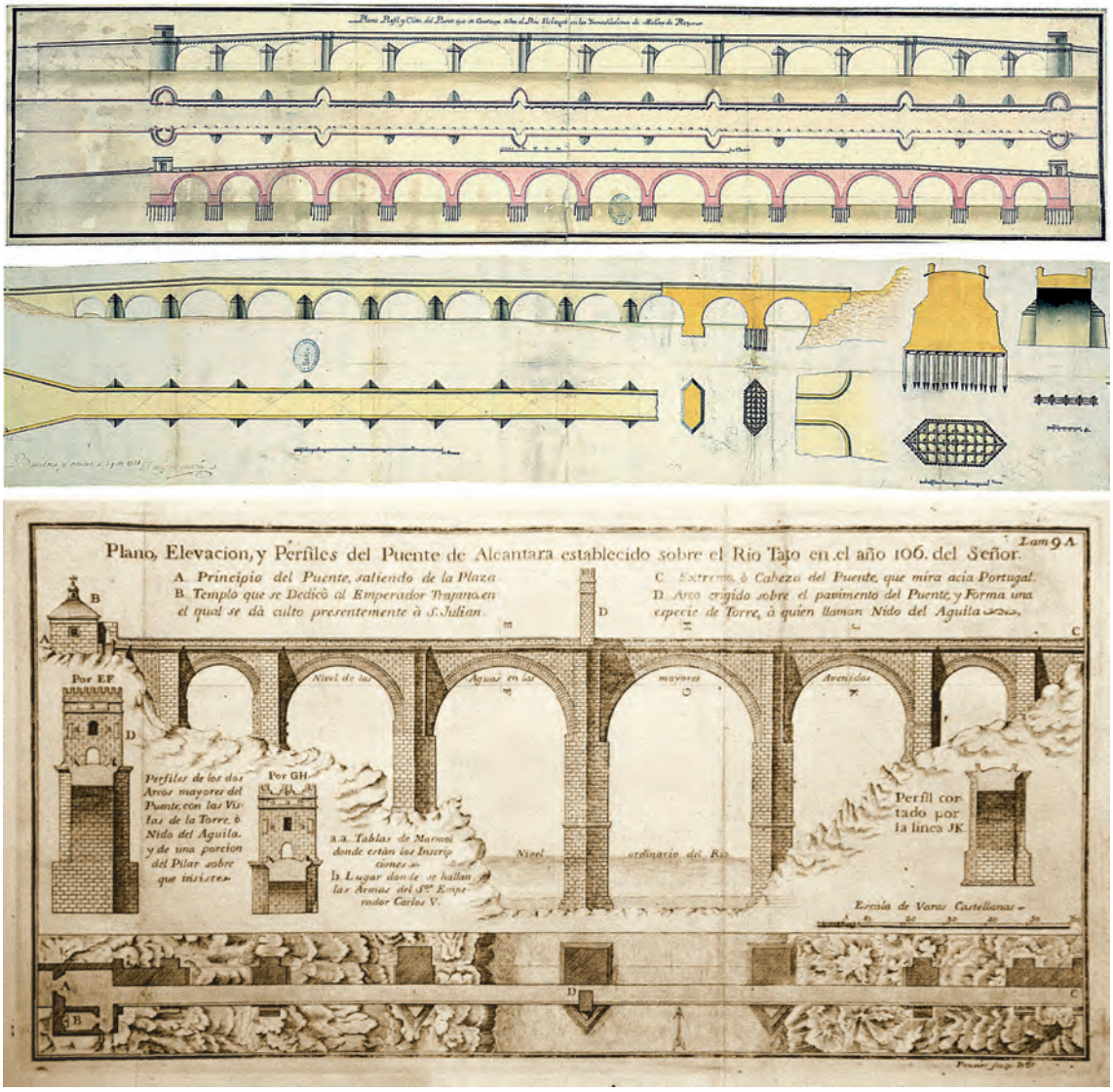


0.5. Puntos batimétricos en cartografía de ingenieros del Ejército y oficiales de la Marina: *1) «Plano del puerto de Barcelona en que se manifiesta el costado del Banco de Arena y el fondo que tiene actualmente por el sondeo que se ha hecho a mediados de este presente mes de enero de 1748», por el ingeniero militar Miguel Marín (AGS, M. P. y D., VIII-184); 2) «Carta esférica que comprehende las costas del Seno Mexicano», mandada hacer por Juan de Lángara, Depósito Hidrográfico de la Marina, 1799 (SHM, inv. 5.019).*

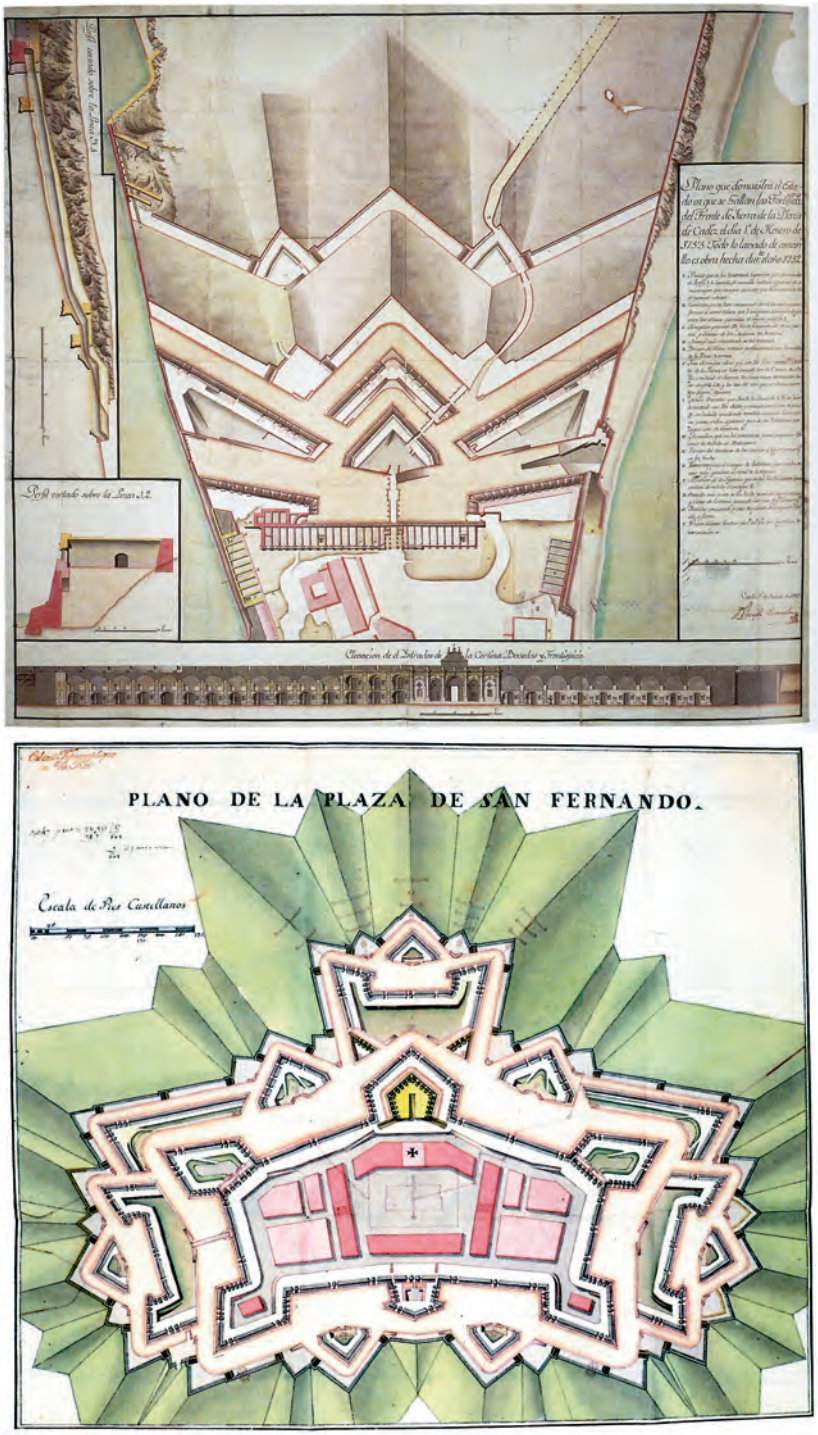
0.6. Perspectiva, perfiles y plano: *1) «Perspectiva del Peñón y Plaza de Gibraltar vista por el Occidente», realizada por el cadete del Regimiento fijo de Ceuta Vicente Fernández de Ruiloba, 1779 (AGS); 2) «Plano y prespectiva [sic] del puerto de la SS.ª Cruz de Ojatutira, en la isla de Amat. Realizado por Juan Herue, alférez de fragata y primer piloto de la* Santa María Magdalena, *nombrada* Águila» *(Museo Naval de Madrid). (Una versión alternativa puede verse en M.ª Luisa Martín-Merás:* Cartografía Marítima Hispana: La imagen de América, *Lunwerg, Barcelona, 1993, p. 211.)*



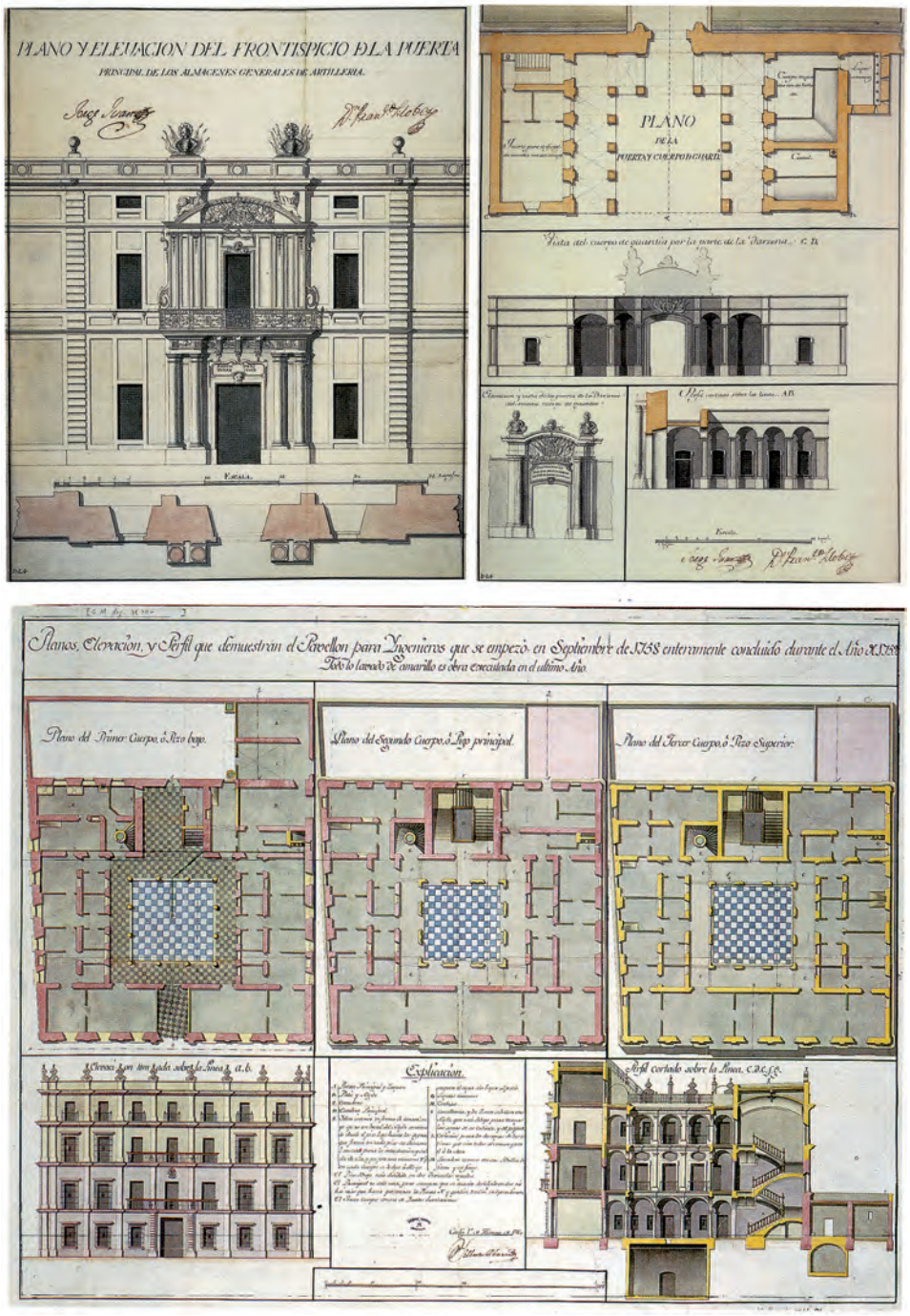
0.7. Representaciones urbanas: *1) «Plano de la villa de Reus y sus inmediaciones», por Juan Martín Zermeño, 1751 (AGS, M. P. y D., VIII-135); 2) Plano de la ciudad de la Plata, por Ildefonso Luján, 1779 (AGI, MP, Buenos Aires, 244 bis).*



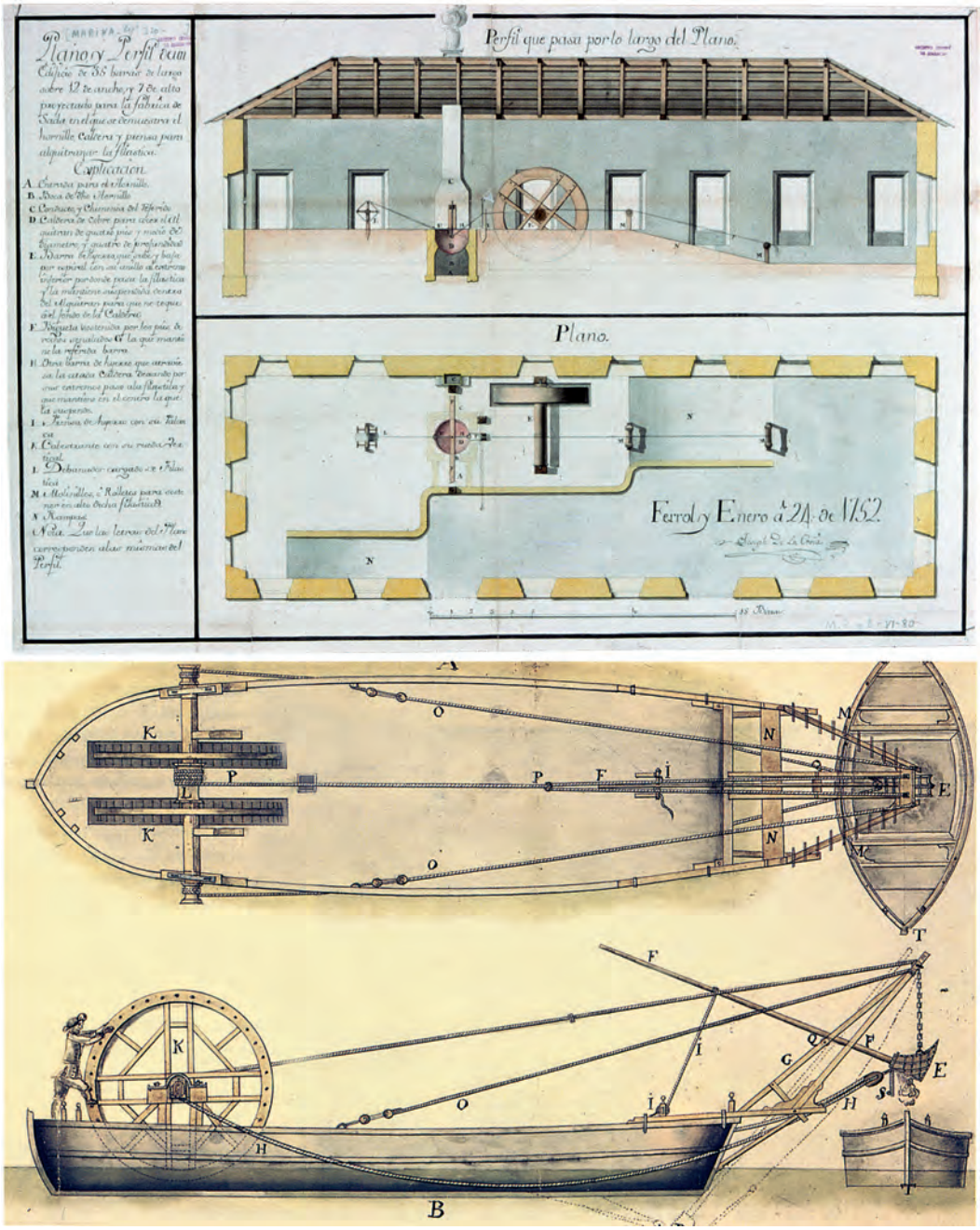
0.8. Representación de puentes: *1) «Plano, perfil y vista del Puente que se construye sobre el río Llobregat en las Ynmediaciones de Molins de Rei», s.f., siglo XVIII (SHM, B-41/1.2330); 2) Plano sobre el puente del río Llobregat, por Miguel Marín, Barcelona, 1731 (SHM, B-45/1.2117); 3) «Plano, elevación y perfiles del puente de Alcántara», parte de las* Adiciones *de Miguel Sánchez Taramas a la traducción del* A Treatise *(1755), de John Muller:* Tratado de fortificación, o Arte de construir los edificios militares y civiles *(Barcelona, 1769); grabado de Paunier (Biblioteca de la RSE Aragonesa; fot.: M.S.S.)*



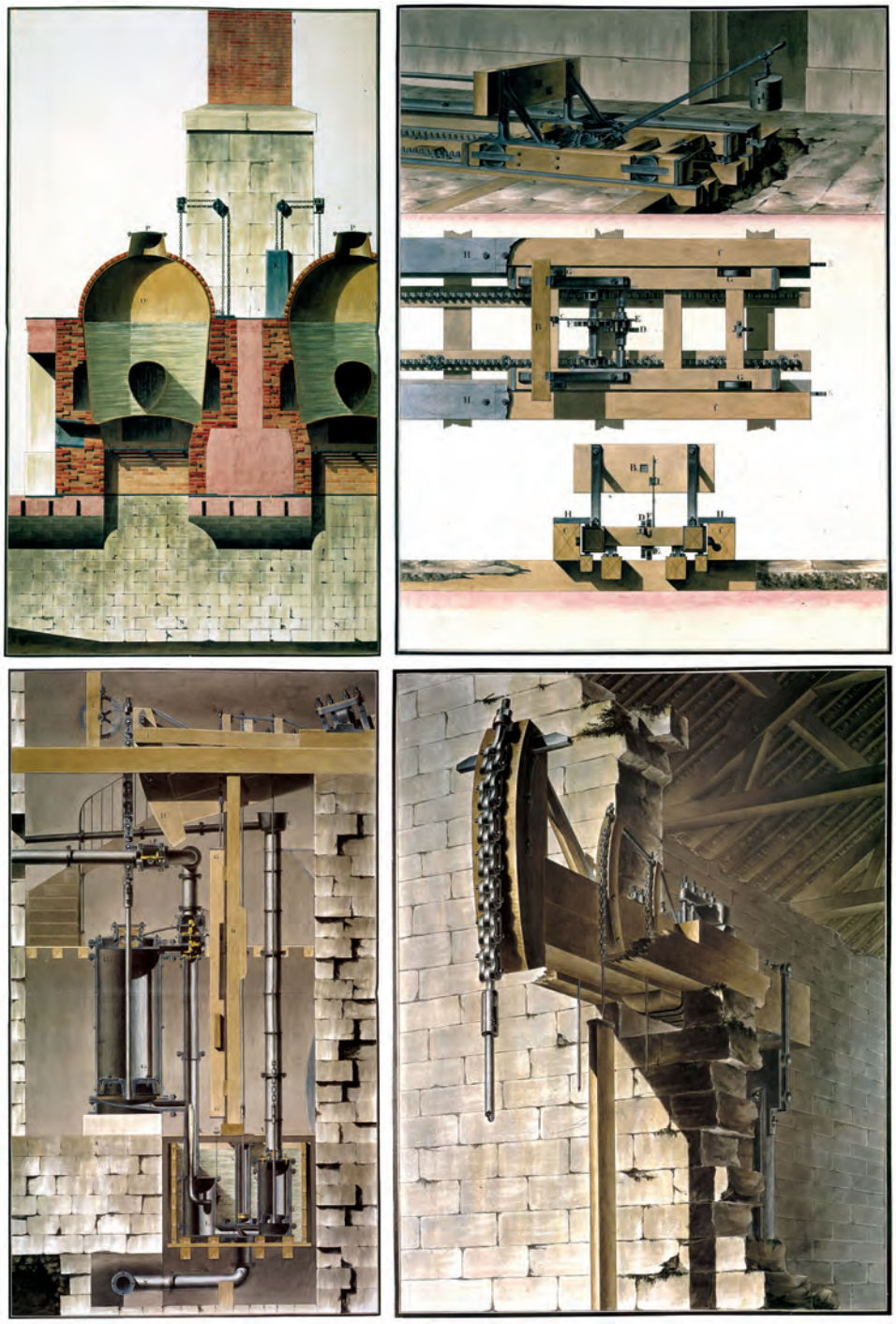
0.9. La arquitectura militar. Fortificaciones: *1) «Plano en que se demuestra el estado en que se hallan las Fortificaciones del Frente de Tierra de la Plaza de Cádiz, el 1.º de enero de 1753. Todo lo lavado de amarillo es obra hecha durante 1752», por Joseph Barnola (Museo Naval de Madrid, inv. P-2H-4); 2) «Plano de la plaza de San Fernando» (Archives du Génie, Chateau de Vincennes, París).*



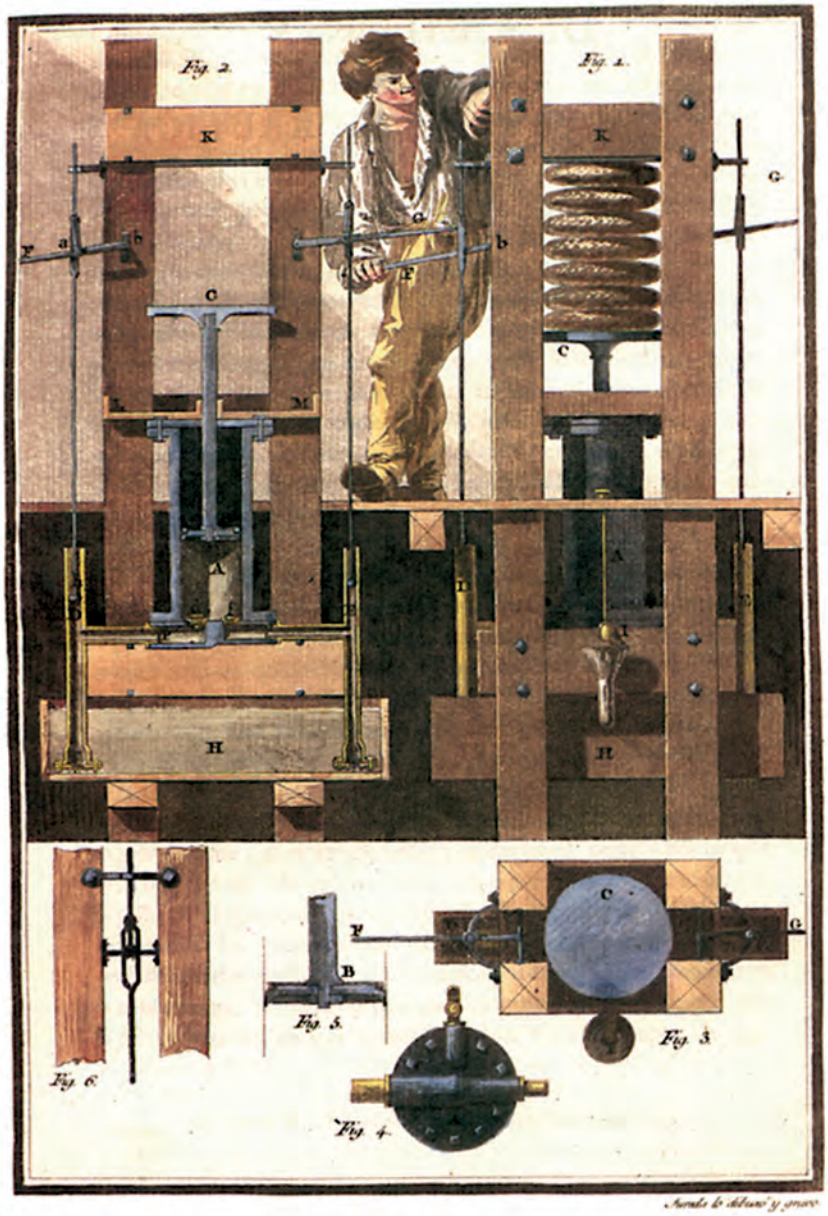
0.10. La arquitectura militar. Edificios para la base naval de El Ferrol: *1 y 2) «Plano y elevación del frontispicio de la puerta principal de los almacenes generales de artillería» y «Plano de la puerta y cuerpo de guardia del Arsenal de El Ferrol», ambos por Francisco Llobet y Jorge Juan (Museo Naval de Madrid, inv. P3-A-45 y P3-A-46); 3) «Planos, elevación y perfil que demuestran el pabellón para Yngenieros», por Silvestre Abarca, Cádiz, 1760.*



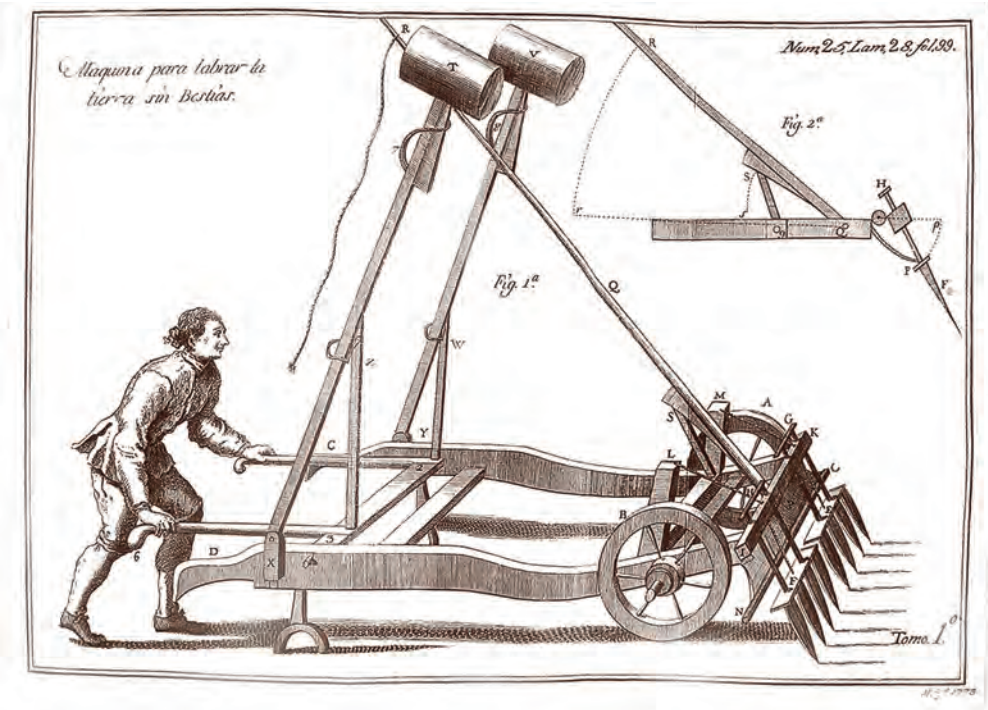
0.11. Instalación y máquina: *«Plano y perfil de un edificio [...] para la fábrica de Sada en el que se demuestra el hornillo, caldera y prensa para alquitranar la filástica», por Joseph de la Croix, El Ferrol, 1752 (AGS, M. P. y D., VI-80); 2) Draga con una sola pala, proyectada para el puerto de Ceuta, por Esteban Panón, 1755 (AGS, M. P. y D., XV-50).*

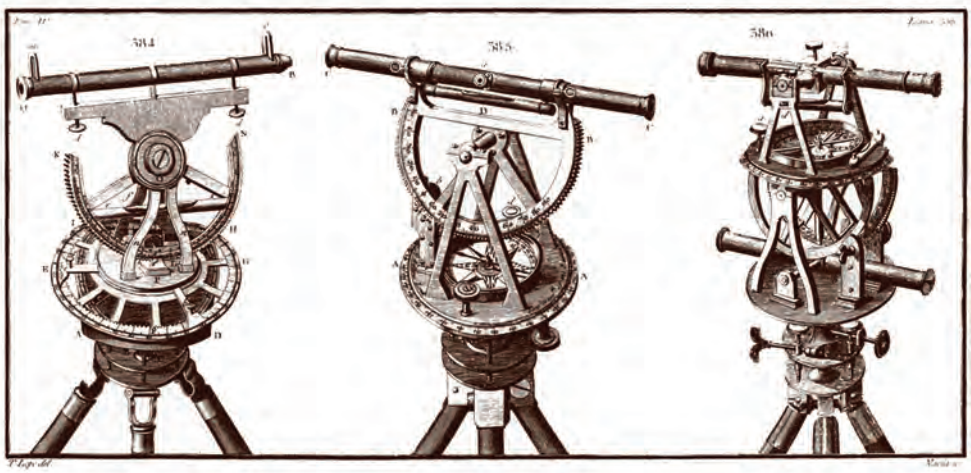


0.12. Dibujos lavados de Agustín de Betancourt: Descripción del establecimiento de Yndrid, donde se funden y barrenan los cañones de hierro para la Marina Real de Francia, *1791 (Biblioteca del Palacio Real de Madrid, IX-mesa 97): 1) Sección de los hornos para fundir cañones y caldera; 2) Carro con ruedas y carril de hierro fundido para desplazar las barrenas; 3) Sección principal de la máquina de vapor de simple efecto; 4) Perspectiva del balancín de la máquina de vapor. (Láminas, VII, XXI, XI y XII, respectivamente.)*



0.13. Bartolomé de Sureda: «La prensa de Bramah» (1798), *en* Descripción de las máquinas de más general utilidad que hay en el Real Gabinete de ellas, establecido en el Buen-Retiro, n.º I. Prensa Hidráulica, *por Juan López de Peñalver, Madrid, 1798 (ETSI de Caminos, Canales y Puertos, sig. 82-a-416). La lámina está grabada por una técnica aprendida en Londres, cuando acompañó a Betancourt (1793-1796). Se llama* a la aguada *y es –según afirma– la primera vez que la practica en España (se la enseñó a Goya, muy probablemente el año anterior, utilizándola magistralmente el maestro de Fuendetodos en sus* Caprichos*, 1798-1799). La cubierta de este volumen, también realizada a la aguada, reproduce la segunda ilustración de Sureda para la misma colección.*





0.14. Perspectivas para ilustrar: *1) Ingenuidad gráfica e imposibilidad física en la «Máquina para labrar la tierra sin bestias», núm. 25, lám. 28, fol. 99 de la* Colección General de Máquinas escogidas entre las que hasta ahora se han publicado en Francia, Inglaterra, Italia, Suecia, y otras partes *(tomo I), de Miguel Gerónimo Suárez y Núñez, Madrid, Imprenta de Don Pedro Marín, 1783; 2) Instrumentos topográficos grabados para la Imprenta Real, texto sobre* Agrimensura y matemáticas *(cuyo tomo IV se dedicaba a* Geometría práctica*), h. 1800, en el que trabajó Tadeo Lope y Aguilar. No se llegó a publicar.*

tación topográfica y los métodos trigonométricos mejoran bastante la precisión de las estimaciones altimétricas. En suma, en el siglo XVIII la altimetría y su plasmación cartográfica adquieren una gran importancia, aunque los métodos de representación no son aún tan rigurosos ni precisos como los empleados en la planimetría, que a su vez se mejora con triangulaciones más densas y un más intensivo uso de instrumentos cosmográficos de precisión. Las representaciones basadas en *curvas de nivel* o en *normales* serán objeto de desarrollo desde comienzos del siglo XIX, pero las bases están apuntadas[26].

Como «una imagen vale más que mil palabras», para educar la vista se ha incluido una selección de **cartografía** que ilustra las técnicas más representativas empleadas en el XVIII, de modo que se puedan apreciar algunas de las mejoras introducidas[27]. El mapa en las imágenes de la figura 0.1 es ejemplo de cartografía erudita, de gabinete. Es en esencia el célebre de Juan Bautista Lavaña (1619), epítome de la cartografía grabada renacentista, aunque puntualmente perfeccionado. Acerca del levantamiento de Lavaña se puede leer en la cartela de *Advertencias*:

> «Toda esta descripción se ha hecho con Observaciones Geométricas i Astronómicas reconociendo con ellas el Sitio de todos los lugares cuyas distancias son medidas por el ayre».

Realizado por el erudito zaragozano Tomás Fermín de Lezaún sobre las planchas grabadas para Lavaña por Diego de Astor, discípulo de El Greco, incorpora información (añade 336 poblaciones) y corrige algunos datos erróneos. Excelente ejemplar, aunque poco conocido en su época, fue mandado retirar tras su impresión, debido a razones políticas relativas al trazado de la frontera con Francia. Obsérvese la representación intuitiva de la orografía (puede compararse, por ejemplo, la altura del Moncayo con la de los grandes picos pirenaicos, que aparecen prácticamente de perfil, casi abatidos), que es aún típicamente renacentista, y técnica bastante empleada en el XVII (conviene comparar esta representación del relieve con la que se muestra en las figs. 0.3 y 0.4; la fig. 0.5 concierne al caso submarino).

---

[26] En un marco general es de provecho una referencia como N. J. W. THROWER: *Mapas y Civilización. Historia de la cartografía en su contexto cultural y social*, Ediciones del Serbal, Barcelona, 2002; y con respecto a las proyecciones, J. P. SNYNDER: *Flattening the Earth-2000 Years of Map Projections*, University of Chicago Press, Chicago, IL, 1993. En el ámbito de la representación de la orografía son de gran interés los trabajos de E. IMHOF: *Cartographic Relief Presentation*, Walter de Gruyter, Berlín-Nueva York, 1982, y de Á. PALADINI CUADRADO: «La representación del relieve en los mapas a lo largo de la Historia», *Servicio Geográfico del Ejército. Boletín de Información*, 72, 1991, pp. 11-49, con abundancia de ejemplos de la cartografía hispana, pero no sólo; también M. RUIZ BUSTOS: «El relieve terrestre en la cartografía histórica», *Cuadernos Geográficos de la Universidad de Granada,* 18, 1998, pp. 199-221, y M. Á. LEÓN CASAS *et al.*: «La representación de la orografía del territorio a lo largo de la historia», en *XIII Congreso Ingegraf*, Badajoz, 2001 (CD-ROM).

[27] Intencionalmente, en la selección de especímenes cartográficos no hemos repetido ninguno de los reproducidos por Á. PALADINI CUADRADO en «La representación del relieve en los mapas a lo largo de la Historia», 1991, *op. cit.*

El mapa de Francisco Requena y Herrera (fig. 0.2) muestra el conocimiento y plasmación planimétrica del interior del continente sudamericano. Su presencia aquí es un homenaje a ingenieros militares como Requena o Azara, y a diversos oficiales de la Armada, corporación responsable en la célebre Comisión de Límites con Portugal, emanada del Tratado de San Ildefonso (1777), que estuvieron involucrados en tan gigantesca tarea. La fig. 0.3 presenta la idea de *curvas de configuración horizontal.* Las diversas líneas "paralelas" no están graduadas ni equiespaciadas en altura, lo que convertiría la representación en una de *curvas de nivel,* mejora esencial que permite aproximar la geometría real y que se producirá posteriormente. En el mapa superior se observan secciones con construcciones planificadas, mientras que en el inferior los cortes transversales son representativos de la inclinación del terreno y pretenden ofrecer una mejor idea de la orografía, al menos en planos considerados singularmente sensibles. Una comparación entre las curvas de configuración horizontal y las *líneas de máxima pendiente* (procedimiento usado en la segunda mitad del Setecientos) se establece en la fig. 0.4. Obsérvese que el norte está hacia abajo en el primer mapa, y hacia la derecha en el segundo. Aproximadamente en el centro y a la derecha se puede comprobar con nitidez la diferente representación de un importante macizo para el que no podemos deducir su altura real (la representación es aún una mejora plástica, pero no especifica la geometría). En el empleo de líneas de máxima pendiente, como en las renacentistas vistas a vuelo de pájaro o perspectivas caballeras, la incorporación de *sombreados* mejora la legibilidad (la técnica del claroscuro es hallazgo del Renacimiento, que ahora se perfecciona en sus aspectos técnicos). De forma aproximada, la iluminación proviene del mediodía, lo que muy probablemente indica que el dibujante tenía la ventana principal de su mesa de trabajo a la mano izquierda, como ocurre en el plano superior (sólo que entonces significa una iluminación, aproximadamente, desde el este). Para definir las alturas, durante el XVII se emplearon a veces los *puntos acotados*. En este caso, en ausencia de una superior estructuración de la información, una nube de puntos indica alturas, lo que, si bien precisa las dimensiones en sentido vertical al plano de representación (el papel), lo llena de guarismos, haciendo su lectura penosa. En realidad, es en la definición de profundidades marinas donde esta técnica rudimentaria halla su más amplio uso, ya que en la planitud de la superficie marina se pueden poner esos datos sin que se oculten informaciones significativas.

La fig. 0.5 muestra dos casos, un plano de detalle relativo a un puerto y una carta esférica (mercatoriana) donde los puntos se especifican en las cercanías de la costa. En el Setecientos comenzarán a unirse más o menos racionalmente puntos de idéntica o análoga profundidad, dando lugar a líneas batimétricas[28]. Finalmente, en la

[28] Por ejemplo, en un mapa de la bahía de Cartagena de Indias, 1769, debido al coronel de ingenieros Antonio de Arévalo (M. Á. LEÓN CASAS y J. C. SAN ANTONIO GÓMEZ: «La representación del territorio mediante el procedimiento de las curvas de nivel. Los primeros planos españoles», en *XIII Congreso Ingegraf,* Badajoz, 2001, en CD).

misma centuria aún son muy frecuentes las vistas en perspectiva, en las que no se busca una definición geométrica, sino evocadora de la situación. Dentro de esa línea, la fig. 0.6.1 ofrece una vista a vuelo de pájaro. Sin embargo, la fig. 0.6.2 presenta un conjunto de dibujos donde planimetría y perfil se convierten en proyecciones complementarias, algo de gran interés para los navegantes, ya que lo que realmente "ven" directamente al aproximarse a una costa es su perfil.

En su parte superior, la fig. 0.7 muestra un plano urbano cenital, con empleo discriminante de color y un sombreado (fachadas marcadas) que pretende sugerir un cierto realismo volumétrico. Las sombras de los árboles se cohonestan con la acentuación anterior. La segunda imagen es más ingenua: en lo básico es como una perspectiva de tipo militar (paralela y oblicua, con el plano de proyección horizontal, que preserva la planta), aunque no se maneje con rigor en toda la escena, confundiéndose en parte planimetría y orografía.

En el **dibujo arquitectónico** renacentista, los alzados, plantas, proyecciones paralelas ortogonales sobre planos de interés, secciones o cortes, y vistas auxiliares en correspondencia, con escala definida, se emplean profusamente. En el siglo XVIII se mejora y extiende su uso, matizando o codificando con diferentes grosores las líneas, sombreando (por carga de tinta o rayado), empleando líneas de puntos para contornos y aristas ocultas. Con el empleo de proyecciones ortogonales, más que ilustrar se especifica la geometría de edificios y máquinas, que también empiezan a usar estas técnicas de representación gráfica, al tiempo que el diseñador se distancia progresivamente del constructor físico de las mismas.

Las ilustraciones que siguen corresponden a construcciones particulares. No obstante, es esencial insistir en que el uso sistemático de proyecciones ortogonales (básicas y secciones) en la arquitectura es herencia del Renacimiento[29]. En la fig. 0.8, parte superior, se muestran dos representaciones de un mismo puente: en ambos casos se observa el alzado y la planta. Las secciones longitudinales se tratan de forma distinta, bien con definición completa, bien en sólo parte del alzado. La segunda representación define mejor, mediante cortes transversales, la construcción. En ambos casos el color tiene un papel esencialmente decorativo. Para el puente de Alcántara (fig. 0.8, abajo) se usa con rigor la planta y el alzado, pero la topografía de su emplazamiento está tratada más con ánimo decorativo que especificativo, asemejándose en la planta a curvas de configuración horizontal.

Los dos planos de arquitectura militar de la fig. 0.9 destacan por la limpieza de sus trazados y la calidad del lavado con colores. En el superior se encuentra una de las claves para el profuso empleo de colores en los planos de ingenieros militares: «Todo lo lavado de amarillo es obra hecha durante el año de 1752». Es decir, el color no sólo

---

[29] Sobre la evolución del dibujo arquitectónico a lo largo de diferentes épocas puede consultarse J. SÁINZ: *El Dibujo de Arquitectura,* Nerea, Madrid, 1990, y J. I. SAN JOSÉ ALONSO: *Apuntes sobre el desarrollo del dibujo arquitectónico*, Publicaciones de la Universidad de Valladolid, 1997.

suele aportar legibilidad y belleza, sino que tiene una función codificadora: lo nuevo, lo antiguo, lo proyectado, lo derruido... Análogo comentario se puede establecer con el plano inferior de la fig. 0.10: en la imagen superior izquierda se muestra un alzado (con planta en correspondencia para la fachada); en la derecha, planta, secciones en alzado y detalles.

En la **representación de máquinas** durante el XVIII se mejora el renacentista uso de perspectivas lineales y axonométricas "intuitivas", de proyecciones ortogonales, de secciones y vistas fantasmas, de sombreados y lavados, de despieces y de esquemas. No obstante, aún es patente lo pictórico, plasmándose con frecuencia una bipartición o "dualidad artístico-técnica", donde ambientación y uso coexisten con especificaciones geométricas rigurosas.

Las dos figuras que siguen corresponden a instalaciones fabriles o máquinas. En la primera se enfatizan las correspondencias plantas-alzado; la fig. 0.12 muestra un magistral uso de la técnica pictórica (el XVIII produce una ingente cantidad de dibujos lavados de una excelente calidad) por parte de Agustín de Betancourt, fruto de una actuación de espionaje. Muy representativa del dibujo técnico dieciochesco es la imagen superior derecha; al igual que en multitud de láminas de la *Encyclopédie,* es bipartida: en la parte inferior hay una especificación, para lo que se emplean proyecciones ortogonales, mientras que en la superior se refleja una perspectiva (en la *Encyclopédie* frecuentemente animadas con personajes o animales), que tiene por objeto completar la definición geométrica con una visión ambiental plausible. Son los coletazos de un tránsito, de una coexistencia del dibujo estrictamente técnico (proyecciones ortogonales, de especificación) y el artístico (vistas que informan sobre el uso y el entorno)[30].

La fig. 0.13 pertenece a lo que se podría denominar epítome del dibujo técnico ilustrado hispano. La coexistencia de especificación y animación está presente, aunque aquí de una forma más elaborada, pues se anima en la parte superior el mismísimo alzado principal de la prensa (fig. 1), colocándose a su lado una sección vertical de la misma (fig. 3). Ambas están en correspondencia con la planta o visión cenital (fig. 2). La fig. 0.14 muestra dos imágenes que no pretenden una especificación geométrica sino ilustrar, por lo que emplean perspectivas. La superior corresponde a un catálogo de máquinas que recuerda a los *Teatros de máquinas* renacentistas, donde entre sugerencias mecánicas interesantes, a veces se deslizan "máquinas imposibles" o de casi imposible uso, como es el caso; las imágenes inferiores, grabadas para la Imprenta Real, tienen una calidad gráfica muy superior. Conviene recordar, como colofón de esta vertiginosa visión de las técnicas de expresión gráficas empleadas en el Siglo de

[30] P. ZULUETA PÉREZ y R. SUÁREZ SÁNCHEZ: «Alrededor de los planos y dibujos para despiece de máquinas y otros artilugios», en *XII Congreso Ingegraf*, Valladolid, 2000 (CD-ROM); P. ZULUETA PÉREZ *et al.*: «El uso de la sombra en los planos y dibujos de los científicos de la Ilustración», en *XVII Congreso Ingegraf*, Sevilla, 2005 (CD-ROM). Sobre ilustraciones técnicas propiamente dichas: Elisabel LARRIBA: «L'art au service de la divulgation scientifique: le rôle des gravures dans le "Semanario de Agricultura y Artes dirigido a los Párrocos" (1797-1808)», *El Argonauta Español,* n.º 2, 2005.

las Luces, que los procesos de mejora no son monótonos, y coexisten (y coexistirán) dibujos técnicamente muy elaborados y precisos con otros mucho más ingenuos (véanse, por ejemplo, las figs. 5.13 y 5.14), que, incluso toscos, pueden ser enormemente expresivos.

Las matemáticas

Históricamente, las diferentes ramas de la ingeniería han progresado de la mano de conceptos y técnicas matemáticas, al tiempo que los ingenieros han aportado soluciones a problemas, o motivaciones para su desarrollo[31]. En ello subyace la idea galileana de que la Naturaleza se rige por leyes escritas en el lenguaje (artificial) matemático, que contiene «el alfabeto con el que Dios escribió el mundo». A partir de Galileo, tanto para la nueva ciencia como para la nueva técnica, las matemáticas confirmarán su papel de lenguaje esencial, al tiempo que la observación y la experimentación de fenómenos naturales o del comportamiento de artefactos serán criterios metodológicos inexcusables. Mediante las matemáticas se puede

> «prescindir de lo descriptivo a favor de lo cuantitativo; se sustituye la palabra por la magnitud y su valor por el número. Merced a las matemáticas, las estrellas han salido de la mitología para figurar en las tablas de las magnitudes astronómicas. Y cuando las matemáticas se instalan en el meollo de una ciencia, los conceptos de esa ciencia, sus métodos y su comprensión se vuelven, inexorablemente, menos reducibles al lenguaje corriente»[32].

En sentido estricto, las matemáticas son bastante más que un lenguaje, que un sofisticado medio de transmisión. Ciencia *Príncipe* en el mundo clásico, nacida de requerimientos prácticos, su eficiente penetración en una disciplina puede considerarse síntoma de madurez en la misma. La correspondencia entre representación abstracta (modelo formal) y realidad es algo que se comienza a aceptar de forma generalizada ya en el siglo XVI. Los modelos formales, reelaboración de los mentales, se expresan en lenguaje matemático, y el razonamiento y el cálculo de propiedades del sistema objeto de estudio se sustituyen por derivaciones lógicas y cálculos en el

---

31 El empleo de métodos formales cuantitativos en ingeniería es tan importante que ha llevado a decir que «la técnica actual, la que nos llega de la Revolución industrial, padece de la incontinencia aritmética de la Naturaleza» (J. D. GARCÍA BACCA: *Elogio de la Técnica,* Anthropos, Barcelona, 1987, p. 145).

32 Ángel MARTÍN MUNICIO, *op. cit.*, 2001. El comentario se hace en relación con la biología. Textualmente, se apunta que cuando «se interpreta en términos de la química y de la física, resultan de esta manera las zonas del conocimiento que responden a los nombres de *bioquímica* y *biofísica*». En el siglo XVIII el comienzo de la cuantificación es una gran novedad en la química. Sin embargo, la "imposibilidad" de aplicar las matemáticas en diversas disciplinas, al margen de la elaboración de taxonomías (empleo de la lógica), produce desencantos en lo que parecía una inmediata mecanización del mundo, siguiendo la estela de Newton.

modelo. Ahora bien, sus resultados habrán de ser finalmente interpretados en términos de propiedades del sistema modelado. Es decir, la matematización de un sistema es un camino de ida y vuelta entre la realidad tangible y el mundo de la abstracción, de las ideas[33].

El Renacimiento hereda de la matemática medieval la Geometría y la Aritmética (artes del *Quadrivium*). A mediados del XVI, Nicolás Tartaglia (1500-1557) aborda la resolución de las ecuaciones de tercer y cuarto grado y, posteriormente, François Viète (1540-1603) abre el camino a la transformación del álgebra retórica (ambigua, imprecisa, pesada) en álgebra simbólica (empleando la denotación de variables o la transformación en simbólicas de las argumentaciones algebraicas). También conviene reseñar, ya al alba del XVII, las contribuciones de Simón Stevin (1548-1620) al cálculo numérico, empleando decimales, así como de John Napier (1550-1617), relativas a la transformación logarítmica. De todo ello se beneficiará la nueva navegación.

La evolución de las matemáticas en el paso del tardorrenacimiento a la Ilustración es realmente vertiginosa[34]. El siglo XVII ve desarrollarse un fantástico programa en el que la matematización del comportamiento del Universo se estudia desde Galileo (1564-1642), teniendo a Isaac Newton (1643-1727) como representante mayor. Los dos desarrollos más espectaculares de la nueva matemática que legará el Seiscientos son: la *geometría analítica,* aplicación del álgebra a la geometría, lo que permite unificar los conceptos de análisis (relaciones numéricas) y de geometría (relaciones espaciales) y a la que contribuyen esencialmente René Descartes (1596-1650) y Pierre de Fermat (1601-1665); y el *cálculo infinitesimal* (cálculos diferencial e integral), en el que, sin entrar en polémicas de precedencia, los dos nombres fundamen-

---

[33] Todo modelo formal se construye en función de determinados objetivos, buscando un compromiso entre fidelidad y capacidad de cálculo o decisión, siendo esenciales al modelado como construcción los procesos informados de simplificación. Sobre este tipo de cuestiones, v. M. SILVA SUÁREZ: *De la Ingeniería y de los Sistemas de Eventos Discretos,* Academia de Ingeniería, Madrid, 2000.

[34] La literatura sobre la historia de las matemáticas en el siglo XVIII es abundantísima. Sobre el ámbito español se puede obtener una visión de conjunto consultando dos panoramas de M. HORMIGÓN: *Las Matemáticas en el siglo XVIII* (Col. Historia de la Ciencia y de la Técnica, 24, Akal, Madrid, 1994); y «Las matemáticas en la Ilustración española. Su desarrollo en el reinado de Carlos III», en J. FERNÁNDEZ PÉREZ e I. GONZÁLEZ TASCÓN (eds.): *Ciencia y Técnica en España: La Ilustración*, (Soc. Española de Historia de la Ciencia y la Técnica, Zaragoza, 1989, pp. 265-278). En las mismas actas hay trabajos de otros autores sobre temas más puntuales geográficamente (pp. 279-341). Otros dos panoramas complementarios son los de S. GARMA PONS: «La Enseñanza de las Matemáticas», en J. L. PESET (ed.): *Ciencia y Técnica en la Corona de Castilla (IV): El siglo XVIII,* Junta de Castilla y León, Valladolid, 2002, pp. 311-346; y «Cultura matemática en la España de los siglos XVIII y XIX», en J. M. SÁNCHEZ RON (ed.): *Ciencia y Sociedad en España*, El Arquero, Madrid, 1988, pp. 93-127. Más monográficos, son de especial interés los textos de N. CUESTA DUTARI: *Historia de la Invención del Análisis Infinitesimal y de su introducción en España,* Universidad de Salamanca, 1985; y H. CAPEL: *Geografía y Matemáticas en la España del siglo XVIII,* Oikus-Tau, Barcelona, 1982.

tales son Isaac Newton y G. Wilhelm Leibniz (1646-1716). Además se puede mencionar la emergencia de la *teoría de probabilidades* (P. Fermat-B. Pascal), así como de la *geometría proyectiva* (Gérard Desargues, 1593-1662), que habrá de esperar siglo y medio para su florecimiento con la *geometría descriptiva* de Gaspard Monge (1746-1818). Es de destacar que los autores mencionados nunca son sólo matemáticos, y que siempre están preocupados por problemas técnicos (navegación, cartografía, artillería, maquinaria, etc.).

En el Siglo de las Luces primará una matemática más operativa que rigurosa, donde la eficacia procedimental se antepone al rigor axiomático euclidiano. Es decir, frente a la aproximación más especulativa y formal de la Antigüedad clásica o medieval, mentalidad que reaparecerá en el siglo XIX, se enfatiza, como en el Renacimiento, la utilidad. Las matemáticas dieciochescas se clasifican en *puras* y *mixtas*, comprendiéndose bajo este segundo epígrafe lo que se podría reconocer como disciplinas "físico-matemáticas", incluidas la geografía, la cartografía y la astronomía, en particular. A los nombres mencionados hay que añadir la impresionante saga de los Bernouilli, y a Leonhard Euler (1707-1833). Mediado el siglo XVIII se dispone de un desarrollado *cálculo sublime* (análisis infinitesimal, cálculo integro-diferencial), prolongado por el *cálculo de variaciones* para resolver problemas de optimización (el problema de la *braquistocrona* fue resuelto por Jacobo Bernouilli en 1697). Sin pretender siquiera esbozar lo que el Siglo de las Luces significa en las matemáticas, valga como simple apunte final los nombres de algunos matemáticos franceses en tiempos de la Revolución: Joseph Louis Lagrange (1736-1813), Gaspard Monge (1746-1818), Adrien Marie Legendre (1746-1833), Joseph Fourier (1768-1830) y Pierre Simon Laplace (1749-1827).

El siglo XVIII será en España un periodo de eficaz asimilación de los desarrollos europeos, con la producción de libros de texto centrada en ambientes eclesiásticos (sobre todo los jesuitas, hasta su expulsión en 1767) y militares (las múltiples academias de la Marina y del Ejército), con algunas instituciones civiles como la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, donde un tanto a contracorriente trabaja como primer profesor de matemáticas Benito Bails (1730-1797). Pero las matemáticas no sólo se enseñan a los técnicos superiores; sus rudimentos, junto con el dibujo, pasan a los programas formativos de los artesanos.

La idea galineana de que el mundo está escrito en lenguaje matemático anima un importante desarrollo de la disciplina a lo largo de los siglos XVII y XVIII. Todas las ciencias útiles aspiran a tener una expresión matemática, consiguiéndose progresos muy diversos, pero en las ciencias naturales hay ámbitos donde el álgebra o el cálculo sublime no suponen aún utilidad alguna. La botánica, la zoología, incluso la mineralogía, buscarán sistemas taxonómicos (piénsese en personajes de la talla de Linneo, Buffon o Werner) para clasificar la multiplicidad existente. En cierto modo, el insuficiente conocimiento plantea el problema lingüístico a nivel descriptivo y lógico, clasificatorio, no al de cálculo o predicción, sea ésta estática o dinámica.

Una perspectiva del volumen

El primer volumen dedicado a *El Siglo de las Luces* en esta colección (vol. II) se ocupa principalmente, pero no de forma exclusiva, de los grandes cuerpos técnicos del Estado y de su obra[35]. En éste se contempla también la técnica que emana o que se transmite a las capas más distinguidas del artesanado y a los agricultores. Es decir, en los capítulos siguientes conviven algunas contribuciones técnicas de interés estratégico, principalmente protagonizadas por los cuerpos militares del Estado, y parte de la nueva técnica que se pretende hacer llegar a niveles más populares.

Son diez capítulos que se pueden estructurar en tres bloques, más un anexo con breves notas biográficas en el que se esbozan las trayectorias y contribuciones de personajes citados en el anterior o en el presente volumen.

Los cinco primeros capítulos consideran cuestiones relativas a la industria y la minería. La introducción de nuevas técnicas es abordada por Juan Helguera Quijada. Las autoridades dieciochescas apostaron por la incorporación de técnicos extranjeros –inmigración tecnológica–, por el envío de naturales de estos reinos a otros países y por la puesta en marcha de instituciones de formación reglada. A partir de la crítica situación de las manufacturas a comienzos de siglo, tras una importante desindustrialización a lo largo del XVII, se comenta la demanda de técnica extranjera y la política en las dos primeras de las tres estrategias mencionadas. Se contemplaron manufacturas públicas, semipúblicas y privadas privilegiadas. Bajo la cobertura de pensiones para la ampliación de estudios, personajes militares (Jorge Juan, Antonio de Ulloa o Tomás de Morla) y civiles (Agustín de Betancourt, Tomás Pérez de Estala o Bartolomé de Sureda) realizaron actividades de espionaje industrial de desigual alcance y eficacia. En una segunda parte, se trazan las grandes líneas de la "singular" incorporación de la máquina de vapor al sistema productivo en nuestro país.

Durante el siglo XVIII se introducen en España modos de producción concentrada, frente a la tradicional dispersa, formada por constelaciones de talleres artesanales. Al análisis arquitectónico de esa nueva realidad productiva, que preconfigura la fábrica, se dedica el capítulo 2, escrito por Aurora Rabanal Yus. Partiendo de una clasificación de las tipologías fabriles en de bloque unitario o de pabellones dispersos, con mayor o menor atención a la función residencial de administradores y operarios, se nos ofrece un paseo por construcciones relevantes de manufacturas reales. La presentación se estructura en cuatro sectores básicos: textil, monopolios del Estado, objetos suntuarios y reales fundiciones. Los reales arsenales, donde se realiza la construcción y mantenimiento de la flota de guerra, se avanzan en el capítulo 12 del volumen anterior.

---

35 Ingenieros militares, artilleros, guardias marinas e ingenieros de Marina. También se consideran las realizaciones de los constructores navales, predecesores de estos últimos, así como de los arquitectos.

En las dos siguientes contribuciones se aborda el desarrollo de saberes para el ámbito industrial, en dos casos complementarios. Por un lado, en actividades impulsadas por el Estado se encuentra lo realizado por el conocido "equipo hidráulico", grupo de pensionados españoles con base en París; por otro, se detalla el nacimiento de dos modestas escuelas, de química y de mecánica, amparadas por la Junta Particular de Comercio de Barcelona (después, de Cataluña), formadoras de técnicos donde se pueden rastrear los antecedentes de la que llegará a ser Escuela de Ingenieros Industriales de Barcelona. Juan Ignacio Cuadrado y Marco Ceccarelli, en el capítulo 3, presentan una perspectiva amplia del tránsito del "arte de las máquinas" renacentista a la Cinemática industrial, "ciencia de la ingeniería" que tiene su carta de fundación en el texto de dos profesores de la madrileña Escuela de Caminos y Canales, J. M.ª de Lanz y A. de Betancourt, *Essai sur la Composition des Machines* (París, 1808)[36]. Siguiendo ideas de G. Monge, articulan una propuesta de clasificación de mecanismos basada en criterios de transformación de movimiento. El prólogo de la traducción inglesa (1820) es clarificador:

> «The Editor presumes to take an higher ground in favour of this volume from the great Utility of its subject and the Novelty of its Execution. An Elementary work that brings a mass of important practical information within the circle of early studies; that may be considered as a Grammar in the Science of Mechanics».

Es decir, se valora su dimensión taxonómica y "lingüística"[37], pero no sobre realidades naturales, sino sobre ingenios o artificios. El principio racional de su organización "conduce" al establecimiento de nuevos mecanismos, siendo algunos de los que se presentan producto del saber hacer del mencionado "equipo hidráulico" (muy en particular, del de su director, el tinerfeño A. de Betancourt), al que se debe el Real Gabinete de Máquinas del madrileño Buen Retiro[38]. Son tiempos de la gestación del

---

36 Véase J. M.ª de LANZ y A. de BETANCOURT: *Ensayo sobre la composición de las máquinas,* Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid, 1990, donde se recogen sendos facsímiles de las primeras ediciones francesa e inglesa, así como su traducción al español.

37 Además de la preocupación dieciochesca por el establecimiento de taxonomías en el mundo natural (ámbitos vegetal, animal y mineral), en el ámbito de la construcción de máquinas, siguiendo ideas renacentistas, Christopher Polhem (1661-1751) identifica elementos interesantes de máquinas dando lugar a un "alfabeto mecánico", de mecanismos. Como diría su discípulo C. J. Cronsted, «las máquinas nuevas no son más que palabras compuestas de letras» (v. S. STRANDH: *Máquinas, una historia ilustrada,* Raíces, Madrid, 1988, pp. 60-61). Sorpresivamente, Strandh desconoce el trabajo pionero de Lanz y Betancourt, que por el contrario parten de las transformaciones de movimientos para llegar a los mecanismos.

38 Creado en 1788, fue abierto al público en 1792 (el gabinete del *Conservatoire des Arts et Métiers* data de 1794). Dispuso de 270 modelos, 359 planos y 99 memorias textuales (A. RUMEU DE ARMAS: *El Real Gabinete de Máquinas del Buen Retiro. Una empresa técnica de Agustín de Betancourt*, Fundación Juanelo Turriano, Castalia y Patrimonio Nacional, Madrid, 1990; J. FERNÁNDEZ e I. GONZÁLEZ (eds.): *Descripción de las Máquinas del Real Gabinete*, CICYT, Doce Calles, Aranjuez, 1991).

maquinismo, del empleo progresivo de máquinas en el tránsito de las manufacturas concentradas a la factoría moderna. La fascinación por las máquinas se hace tangible, siendo muchas las colecciones de modelos que se intentan montar, entre ellas, además de la del Real Gabinete de Máquinas, la de la Real Sociedad Matritense de Amigos del País[39], la de la barcelonesa Real Academia de Ciencias Naturales y Artes[40], o las montadas por instituciones militares (arsenales o academias).

Si el *Essai* es una aportación significativa a lo que en Teoría de Máquinas y Mecanismos se denominará "síntesis de tipo", que enfatiza el análisis no en la globalidad de la máquina sino en sus mecanismos, la segunda parte del capítulo presenta una contribución del ingeniero tinerfeño a la "síntesis de generación de trayectorias", síntesis dimensional de mecanismos, inserta en el diseño realizado por Betancourt de una máquina de vapor de doble efecto[41]. Lamentablemente la incidencia práctica de estos trabajos en España fue mínima, en parte debido a la invasión napoleónica y al desarrollo de los acontecimientos subsiguientes. De signo contrario es, en este sentido, el tema abordado por Antoni Roca Rosell, pues las escuelas de química y mecánica que presenta sirvieron para aumentar el nivel técnico en el entorno barcelonés, y –algo trascendental– tuvieron incidencia en el desarrollo de su industria. Por ejemplo, la escuela de química tuvo impacto tanto en el sector agroindustrial, en la vinicultura especialmente, como en el textil, donde se aplicó a las tinturas, mejorándose las célebres indianas, telas de lino, de algodón o de mezcla, estampadas por un solo lado. En el ámbito de la mecánica, Roca Rosell relata con detalle la gestación, el diseño y la construcción de las máquinas de vapor que realizó Francesc Santponç. De doble efecto, basadas en la descrita en la *Architecture Hydraulique* de Prony –al fin y al cabo, la diseñada por Betancourt–, la segunda de ellas es la primera máquina española por proyecto y fabricación que trabajó en una manufactura[42], aunque al parecer con carácter esencialmente demostrativo, no directamente acoplada a las máquinas, sino elevando agua, que después servía para mover una rueda hidráulica acoplada a la

[39] Véase el capítulo 7 en este mismo volumen.

[40] Que incluso elevó a la categoría de académicos a destacados artesanos, no sólo maquinistas y constructores de instrumentos. Entre otros, el turolense Tomás Pérez de Estala será admitido como maquinista en 1786 (Carles PUIG-PLA: «Desarrollo y difusión de la construcción de máquinas e instrumentos científicos: el caso de Barcelona, siglos XVIII-XIX», *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales,* 69 (8), agosto de 2000).

[41] Diseño desarrollado sobre la base incompleta de informaciones que recabó en misión de espionaje industrial en Inglaterra. Betancourt presentó sus resultados en la conocida *Mémoire sur une machine à vapeur à double effet,* Academia de Ciencias de París, 1789.

[42] Tres décadas antes (1773 y 1774), dos máquinas del tipo Newcomen –por consiguiente, de simple efecto y sin condensador separado– entraron en funcionamiento en el arsenal de Cartagena. Fueron diseñadas por Jorge Juan y realizadas por Diego de Rostriaga. Imposibilitado físicamente el alicantino, se montaron bajo la dirección de Julián Sánchez Bort. Con ligeras variaciones, otras análogas fueron instaladas por Antonio Delgado en los restantes arsenales peninsulares.

maquinaria[43]. Con anterioridad, en un proceso con diversas irregularidades, en las minas de Almadén funcionó una máquina de vapor "pirata" de condensador separado y simple efecto, con el objetivo de achicar agua. Julio Sánchez Gómez refiere algunas de sus vicisitudes, en el marco de la renovación de la técnica minera (capítulo 5), pudiéndose señalar también otras innovaciones como la introducción de vagonetas sobre raíles de hierro, el empleo de puntas de cobre en los barrenos o la iluminación con candiles y velas dentro de faroles –medidas ambas para reducir los accidentes de los mineros–, la mejora de la planimetría subterránea o de los procesos de entibación, o el uso de la pólvora para abrir zonas rocosas. Su análisis de la minería y metalurgia contempla tanto acontecimientos en la Península como en América, destacando la ampliación de horizontes mineros, donde además de los metales preciosos, azogue incluido, se detecta interés estratégico por "metales útiles" como el cobre y el estaño –fundamentales para fabricar bronce, material básico para la artillería terrestre–, el hierro o el plomo; también la minería del carbón, que habrá de desarrollarse para frenar las desmedidas deforestaciones que comienzan a tener lugar.

La segunda parte del volumen contiene tres capítulos centrados en gran parte en el artesanado, su formación e información técnica. Se analiza el papel de las instituciones gremiales y de las reales sociedades económicas de amigos del país, estas últimas impulsoras de voluntariosos programas de renovación y difusión de innovaciones técnicas. Además, se ofrece una visión de conjunto de la literatura técnica "profesional", capítulo de corte horizontal donde sectorialmente se esbozan panoramas. Sociedades económicas y la literatura profesional son medios empleados para la creación de una cultura técnica "moderna" a lo largo y ancho del país, in extenso.

Siro Villas (capítulo 6) pone de manifiesto la existencia de una controvertida visión entre detractores y defensores de los gremios. El siglo XVIII marca en su último tercio una lenta agonía de estas corporaciones, que, salvo excepciones, habían dejado de ser innovadoras en su dimensión técnica, que es la que aquí interesa principalmente. No hay que olvidar que entre las actuaciones de fomento industrial dieciochesco en España están las manufacturas (Fábricas Reales y otras iniciativas), que contemplan modos de producción concentrada, o incluso propuestas en el extremo opuesto, un tanto retardatarias, como las planteadas por Campomanes sobre la *industria popular*[44]. En este sentido, los años setenta y ochenta están plagados de órdenes

[43] El depósito hidráulico, al igual que una capacidad en un circuito eléctrico, tiene aquí por misión principal el filtrar "las altas frecuencias" de las indisponibilidades de la máquina de vapor, ya que afectarían muy negativamente al equipamiento y proceso productivos. Si bien la regulación de la energía potencial del agua embalsada es muy sencilla, una simple válvula, en contrapartida hay que reconocer que el rendimiento energético de un tal sistema (de comportamiento tipo "filtro paso bajo"), con máquina de vapor-bomba hidráulica-depósito-rueda hidráulica, era ínfimo.

[44] Véase, por ejemplo, Conde de CAMPOMANES: *El fomento de la Industria Popular* (1774) y *La Educación popular de los artesanos* (1775). Edición prologada por Gonzalo ANES, Grupo Editorial Asturiano, Oviedo, 1991.

reguladoras sobre el establecimiento y formación de corporaciones, o sobre la admisión de maestros extranjeros (por ejemplo, las de abril de 1770 y 1772, respectivamente); por otro lado, a las reales sociedades económicas de amigos del país se les encarga la confección de planes gremiales (enero de 1779). Posteriormente se aborda una reforma de las ordenanzas de los gremios (noviembre de 1790), y poco después, como mecanismo para favorecer la incorporación de maestros extranjeros, se les concede permiso de asentamiento sin examen (1793). Pero la extinción administrativa de los gremios será consecuencia de los planteamientos liberales de la Constitución gaditana que darán lugar a los decretos de libertad de ejercicio y de industria (junio de 1813). Este primer certificado de defunción será derogado por la reacción absolutista (1815), y finalmente considerado de forma definitiva en diciembre de 1836, una vez restaurado el liberalismo. Siro Villas traza un panorama en el que se exponen, además, las relaciones de los gremios con la economía, la política y la sociedad.

Aunque inspiradas en iniciativas extranjeras, las reales sociedades económicas de amigos del país se cuentan entre las instituciones más singulares del fomento económico hispano en el XVIII. Visto el éxito de la Vascongada, Campomanes incita a su proliferación. Constituida la Matritense en 1775, servirá de modelo para el resto del país. Juan F. Forniés y Antonio Manuel Moral (capítulo 7) ofrecen un panorama general de las principales que actuaron en España, aunque incidiendo particularmente en la Matritense y, en general, en los esfuerzos dedicados al impulso de la técnica. Voluntariosas, provistas de muchos más objetivos que medios, florecieron sólo unas pocas. En el ámbito docente fomentaron la educación básica en sus Escuelas de Primeras Letras y la formación profesional en las Escuelas Patrióticas, que en algunos casos, ante la baja respuesta del alumnado, se reformularon hacia niveles técnicos superiores (lo que ocurre, por ejemplo, con las aragonesas Escuela de matemáticas y Escuela de agricultura). Ello supuso a veces conflictos con las universidades. En contadas ocasiones, también se realizaron importantes tareas de investigación e innovación, así como de difusión de la técnica. La Matritense tuvo, además, la responsabilidad de concesión de patentes. Algunas, como la Aragonesa, imbuida de una singular "obsesión pedagógica", tuvieron una destacada actividad editorial, con textos de muy diferente tenor. Sería injusto terminar este comentario sobre educación técnica sin mencionar el papel de las Juntas y Consulados de Comercio[45]. En este sentido, cabe señalar que las escuelas de química y de mecánica presentadas en el capítulo 4 de este volumen se encuadran en el marco de la Junta Particular de Comercio de Barcelona, la más activa de todas.

Al análisis de la literatura profesional se dedica el octavo capítulo. Julio Sánchez Gómez traza una amplia, aunque forzosamente incompleta, visión de conjunto, resultando de interés las distribuciones sectorial y cronológica de lo publicado. En la pri-

[45] Para una visión de conjunto, puede consultarse el texto de A. ESCOLANO BENITO: *Educación y Economía en la España Ilustrada,* Ministerio de Educación y Ciencia, Madrid, 1988.

mera línea destaca la masa de publicaciones en los sectores agrícola y textil, obviamente cruciales en la actividad económica. Por el otro lado, es significativa la efervescencia de las tres últimas décadas del siglo XVIII, con un apreciable máximo en el segundo lustro de los ochenta, fuertemente amortiguado en el siguiente, cosa que se puede explicar dada la difícil coyuntura política y económica del momento.

El estudio del ámbito agro-forestal es el objetivo de la tercera y última parte, donde se encuadran dos capítulos, el de Jordi Cartañá, sobre la agronomía, y el de Vicent Casals, sobre lo forestal. Gracias, esencialmente, a la alternancia de cultivos, a los nuevos cultivos y al crecimiento de las tierras roturadas, se pudo sostener el incremento poblacional del siglo XVIII. Por otro lado, el Setecientos es bastante rico en propuestas de mecanización y nutrición de suelos, que, aunque tuvieron un reducido alcance en la práctica, muestran una tendencia que imparablemente se aplicará en el siglo XIX en la mejora de la productividad agrícola. En lo docente se identifican multitud de iniciativas de niveles diferentes, siendo las superiores las más tardías; constituyen la base sobre la que germina, mediado el siglo XIX, la ingeniería agronómica. La influencia social de la Iglesia se hace patente en publicaciones como el *Semanario de Agricultura y Artes dirigido a los párrocos* (1797-1808), quizás la primera revista exclusivamente técnica y con interesantes grabados editada en España, dirigida en primera instancia a un agente-tipo (con importante influjo social y un nivel cultural suficiente para entender las propuestas, en muchos lugares el único) capaz de realizar la deseable difusión de las nuevas luces técnicas en ámbitos rurales.

Con respecto a los montes (capítulo 10), la cuestión legislativa es crucial. De gran impacto son las ordenanzas de 1748, surgidas en el entorno de una renovación de la Marina, consumidora privilegiada de las especies arbóreas más codiciadas para la construcción naval (las armadas son «bosques flotantes»[46]). Además, el carboneo doméstico y el industrial, con destino a manufacturas metalúrgicas (fundiciones de bronce y de hierro, herrerías y *fargas*) o de sectores como los vidrios y cristales, produjeron deforestaciones importantes[47], donde ya se aprecian con claridad problemas de degradación ecológica. Aunque con resistencias, el siglo protagoniza el comienzo del tránsito de la *arboricultura*, el cultivo de árboles conformado por la tradición empírica, a la *silvicultura*, el cultivo de bosques o montes "iluminado por la botánica". Los técnicos de la Marina, las reales sociedades económicas de amigos del país o el Jardín Botánico matritense desempeñan un papel director en este proceso.

***

[46] Gaspar de ARANDA Y ANTÓN: *Los bosques flotantes. Historia de un roble del siglo XVIII*, Ministerio de Agricultura, Madrid, 1990.

[47] La industria de vidrios planos montada por Juan Goyeneche en el Nuevo Baztán (1720) hubo de cerrar por la insuficiencia de combustible leñoso. De hecho, la fabricación de cristales planos en la Granja de San Ildefonso comienza en 1728 gracias a maestros vidrieros de esa primera manufactura.

Aunque expresado en el volumen anterior, quede aquí constancia de nuestro agradecimiento a las tres instituciones editoras, por la confianza otorgada. También a los organismos depositarios del rico patrimonio documental reflejado, singularmente al Museo Naval de Madrid y al Servicio Histórico de Cultura Militar, ambos dependientes del Ministerio de Defensa, así como al Ministerio de Cultura, en especial al Archivo General de Simancas y a la Biblioteca Nacional. Por último, pero no por ello menos importante, nuestro particular reconocimiento a la Real Sociedad Económica Aragonesa de Amigos del País.

Fernando Beltrán Blázquez y Jesús Santamaría Ramiro, directores generales del Departamento de Ciencia, Tecnología y Universidad del Gobierno de Aragón, apoyaron con entusiasmo el proyecto en sus dos fases anuales. En el capítulo de la ayuda más próxima, nuestra gratitud a la Biblioteca de la Universidad de Zaragoza, en particular a José Antonio Simón Lázaro, así como al Centro Politécnico Superior y al Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas, donde cotidianamente desarrollamos nuestra labor.

Manuel Silva
Universidad de Zaragoza
De la Real Academia de Ingeniería

1

La introducción de nuevas técnicas: de la inmigración tecnológica al espionaje industrial

Juan Helguera Quijada
Universidad de Valladolid

I

La situación de las manufacturas españolas a comienzos del siglo XVIII: desindustrialización y dependencia

A comienzos del siglo XVIII la economía de la España interior –y muy especialmente el sector industrial– seguía bajo los efectos de la fuerte recesión del siglo anterior. No son muy abundantes los datos, pero todos apuntan en la misma dirección. Si tomamos como término de comparación la época de finales del XVI, encontramos que se había producido un desmantelamiento del tejido industrial del país, que era más claramente perceptible en los núcleos urbanos de antigua tradición textil. En efecto, las ciudades castellanas no sólo experimentaron grandes pérdidas de población en el siglo XVII –las de Ávila y Segovia se redujeron a una tercera parte, y la de Toledo a menos de la mitad– sino que además experimentaron cambios muy significativos en su estructura productiva: la población ocupada en las manufacturas y el comercio disminuyó considerablemente, mientras que aumentó la que se dedicaba a la agricultura. El caso de Ciudad Real es bien ilustrativo: entre 1550 y 1751 los empleados en el sector agrario pasaron de representar apenas una tercera parte del total a ser más del 62 %, en tanto que los ocupados en actividades artesanales se redujeron del 40,1 al 18,9 %. Así pues, ruralización y desindustrialización fueron las dos caras del proceso de involución económica que sufrieron muchas ciudades españolas durante el siglo XVII.

En algunos núcleos urbanos, la elaboración de paños de lana, que había sido el factor principal de su crecimiento, prácticamente llegó a desaparecer. Fue el caso de Córdoba, donde, según Fortea, en 1683 apenas se produjeron 100 piezas de paño frente a las 17.300 de cien años antes. Algo similar ocurrió en Cuenca, que había sido uno de los principales focos de penetración de las "nuevas pañerías" en España. En

cambio, otros núcleos textiles, aunque perdieron la mayor parte de su capacidad productiva, consiguieron sobrevivir, lo que con el tiempo haría posible una cierta recuperación. Éste fue sobre todo el caso de Segovia, el más importante centro pañero de Castilla, que, si hacia 1580 llegó a contar con 600 telares en funcionamiento, y a alcanzar un volumen de producción –unas 16.000 piezas anuales– equiparable al de los mayores centros pañeros europeos, como Florencia y Hondschoote, fue perdiendo efectivos durante la crisis del XVII, de forma que en 1691 sólo quedaban 159 telares, es decir, apenas una cuarta parte.

La industria sedera, otra importante manufactura textil, no salió mejor librada. En Córdoba, donde había llegado a tener casi tanta importancia como la pañería, de los 632 telares con que contaba a finales del siglo XVI sólo quedaban en activo 98 en 1714, según Fortea. También Toledo y Granada sufrieron una muy fuerte disminución de su capacidad productiva: entre el 75 y el 90 %.

A diferencia de lo que ocurrió en otros países europeos, no parece que en la Corona de Castilla el declive de las industrias textiles urbanas fuera compensado por el desplazamiento de tales actividades hacia las zonas rurales. Los datos, aunque no son muy abundantes, apuntan a que las manufacturas rurales participaron de la misma tendencia regresiva. Así parece haber ocurrido sobre todo en la comarca cordobesa de Los Pedroches, donde la producción de paños bastos cayó desde unas 7.000 piezas hacia 1588 a tan sólo 200 en 1686. Las cosas no parecen haber ido mucho mejor para la pañería de la sierra de Cameros en La Rioja, de la Tierra de Campos palentina o de los pueblos del sur de Segovia, como Santa María de Nieva y Bernardos. La falta de dinamismo de las industrias rurales habría que atribuirla, según algunos autores, al hecho de que el capital mercantil no se implicó en la organización de la producción manufacturera, y a que la ausencia de comerciantes-empresarios habría impedido que se desarrollase algún tipo de *verlagssystem*.

La desindustrialización –que también se percibiría, sin duda, en muchos otros ramos del sector secundario– se reflejó inevitablemente en una fuerte dependencia de las importaciones. Dicha dependencia existía, al menos, desde mediados del siglo XVI, como consecuencia de la creciente incapacidad de la industria para satisfacer la demanda interna y de la ausencia de una política arancelaria proteccionista, pero se agudizó en la segunda mitad del XVII, debido a los onerosos tratados internacionales que España se vio obligada a firmar con Inglaterra, Holanda y Francia, que contenían cláusulas comerciales muy desfavorables para los intereses de nuestras manufacturas. Y es que las potencias de la Europa atlántica supieron aprovechar su posición de fuerza sobre la España cada vez más debilitada de los últimos Austrias para consolidar sus ventajas competitivas en nuestro mercado nacional y, sobre todo, en el del imperio colonial. Esta situación alcanzó su punto álgido a comienzos del siglo XVIII, a causa de las muy especiales circunstancias en que se desarrolló la guerra de Sucesión.

En efecto, los compromisos que los dos bandos dinásticos enfrentados tenían con sus respectivos apoyos internacionales les obligaron a transigir con las exigencias

comerciales que se les plantearon. Así, en 1707 Inglaterra impuso al archiduque Carlos de Austria la firma de un tratado que otorgaba ventajas sustanciales a las importaciones británicas, dándoles un tratamiento arancelario especialmente favorable y, sobre todo, abriendo el tráfico mercantil con América a través de Cádiz, en las mismas condiciones que los comerciantes españoles. Pero fueron mucho mayores las exigencias que Luis XIV impuso a su nieto Felipe V, y, como consecuencia de ello, según afirma H. Kamen, Francia consiguió hacerse con una posición de incomparable privilegio, tanto en el mercado español como en el colonial americano. Para empezar, en una fecha tan temprana como 1700 el gobierno francés creó un consejo con la finalidad específica de controlar el comercio español, cuyo primer presidente, Michel-Jean Amelot, se convertiría más tarde en el muy influyente embajador de su país ante la Corte de Madrid. En 1702, Felipe V promulgó tres decretos por los que se prohibía todo tipo de comercio con el Imperio austriaco, Inglaterra y Holanda, lo que se extendió incluso a las mercancías que se importaban a través de Portugal. Paralelamente, a Francia se le otorgó la consideración de nación más favorecida, rebajándose sustancialmente los aranceles sobre sus manufacturas.

Este tratamiento privilegiado favoreció sobre todo la importación de productos textiles, que constituían el capítulo principal del comercio francés con España. Desde 1702, los representantes de los intereses franceses presionaron fuertemente para hacerse con el control monopolístico de la exportación de la lana castellana, que, como es sabido, era la materia prima más apreciada para la industria europea de paños de calidad; aunque sólo consiguieron asegurar a los empresarios pañeros de ese país un contingente de 6.000 sacas anuales, a partir de 1705, sí que lograron que en esa misma fecha volviera a prohibirse la importación de manufacturas inglesas y holandesas. Por otra parte, se sabe que tanto los embajadores de Francia en Madrid como los propios ministros franceses de Felipe V hicieron todo lo posible para impedir la recuperación de las manufacturas españolas que pudieran competir con las que se importaban de ese país. A tal fin, dificultaron la inmigración de técnicos y artesanos franceses, y procuraron por todos los medios provocar la ruina de algunas de las primeras iniciativas autóctonas de reactivación industrial, como la Real Fábrica de Paños Finos de Valdemoro o la de Vidrios de Jean Baptiste Pomeraie. Obviamente, este tipo de actuaciones estaban en radical contradicción con la política de reactivación industrial emprendida desde 1679. Pero, según parece, no pudieron aplicarse por completo, entre otras cosas porque la Administración central no controlaba directamente la recaudación de los derechos aduaneros, dado que estaba arrendada a empresas privadas. Además, la política seguida por los primeros gobiernos de Felipe V no estuvo totalmente sometida a los intereses franceses, pues la influencia de los consejeros de esa nacionalidad fue parcialmente neutralizada por la de otros, españoles y flamencos sobre todo, como Macanaz y Bergeyck, a cuyas opiniones el propio rey se mostró más receptivo de lo que cabría suponer. Entre los consejeros españoles, había algunos con experiencia empresarial –Juan de Goyeneche sería el más destacado– que no podían

por menos de ver con hostilidad la subordinación de la política española a los intereses franceses.

Fue también el caso de Gaspar Naranjo, un importante empresario textil sevillano. En vista de la falta de respuesta que había tenido un requerimiento que la Junta de Comercio dirigió en mayo de 1701 a los corregidores y alcaldes de todas las ciudades para que informasen sobre las manufacturas subsistentes en sus circunscripciones, se encargó oficialmente a este personaje que visitase los antiguos núcleos pañeros de la Corona de Castilla para averiguar en qué estado se encontraban y qué posibilidades de reactivación ofrecían. Naranjo recorrió las provincias de Soria, Burgos, Palencia, Cuenca, Toledo, Córdoba y Jaén, y con la información obtenida elevó a Felipe V en 1703 un memorial titulado *Antorcha que alumbra para empezar la restauración económica de España por medio de su comercio interior y fábricas de sus naturales*. Naranjo llegaba a la conclusión de que aún subsistía un denso tejido industrial en aquellos territorios, y que sólo haría falta estimularlo desde la demanda, a través de pedidos oficiales, para conseguir reactivar las manufacturas. Proponía emprender una política de sustitución de importaciones, fomentando las manufacturas que empleaban materias primas autóctonas, como era el caso, sobre todo, de la fabricación de paños en Castilla. Pero, según parece, sus recomendaciones sólo tuvieron repercusiones prácticas a corto plazo. A finales de 1703, el Estado le encargó el aprovisionamiento de una importante cantidad de paños y estameñas para uniformes militares, cuya fabricación se llevó a cabo en pueblos de Burgos, Calahorra, Osma y Palencia. Sin embargo, en 1705 Naranjo todavía estaba esperando que la Junta de Comercio se pronunciase sobre sus planes de industrialización, y todo parece indicar que no se llegó a hacer nada al respecto.

II

La inmigración tecnológica

Una de las principales claves del declive de las manufacturas españolas radicaba en su atraso técnico. Si se había ido perdiendo terreno de forma imparable ante la invasión de los artículos de importación, se debía, entre otros factores, a que eran de peor calidad y/o menos atractivos para los consumidores, y a que sus costes de producción –y, en consecuencia, también sus precios– eran mucho más elevados. La solución más inmediata parecía ser, a juicio de los contemporáneos, la contratación de técnicos y artesanos extranjeros, pues con ello no sólo se conseguiría introducir a corto plazo nuevos productos y/o procedimientos productivos, sino que también se lograría que enseñasen sus habilidades a los trabajadores autóctonos, y, de esa forma, las técnicas más recientes quedarían aclimatadas en nuestro país. Antes de que concluyera el siglo XVII surgieron propuestas para hacer venir a España artesanos extranjeros, con diferentes resultados. En el caso de Cataluña, son bien conocidos los esfuer-

zos de Narcís Feliu de la Penya para introducir la elaboración de géneros textiles flamencos y franceses. También hay constancia de que en Galicia algunos empresarios flamencos, como Adrián de Roo y Baltasar de Kiel, contando con la protección del Estado, fabricaron a partir de 1675 jarcias y lonas en Sada (La Coruña). En cuanto a Castilla, tampoco faltaron iniciativas en este sentido, aunque fueron más dispersas y episódicas. La más consistente fue la promovida por los duques de Béjar en su villa señorial: a partir de 1691 emprendieron una política de reclutamiento de artesanos textiles flamencos que tendría continuidad hasta mediados del siglo XVIII. Según R. Ros, el objetivo inicial fue introducir en Béjar la elaboración de géneros de estambre o lana peinada, del tipo "nuevas pañerías", y, aunque en principio no tuvo, según parece, mucho éxito, fue proseguida hasta que se consiguió arraigar la fabricación de paños finos que constituyeron la principal especialización de ese núcleo textil en el siglo XVIII. Tuvieron menos éxito las iniciativas surgidas en Andalucía en las dos últimas décadas del XVII para revitalizar las decadentes manufacturas textiles urbanas de Córdoba, Granada o Sevilla.

Pero no sólo fue la iniciativa privada la que se preocupó de buscar soluciones para el estancamiento industrial y el atraso técnico, sino que el propio Estado y otras instituciones públicas también se embarcaron decididamente en esa línea, sentando las bases de una tendencia que se mantendría a lo largo de todo el siglo XVIII. El punto de partida suele fecharse en 1679, cuando se fundó la Real y General Junta de Comercio, un nuevo organismo que tendría una importancia decisiva en la instrumentación de la política industrial durante el siglo siguiente. Aún no se han puesto de acuerdo los historiadores sobre la procedencia del estímulo que lo hizo surgir, si fue por imitación del Conseil de Commerce de Colbert, o si se pretendía emular las iniciativas que había puesto en marcha el conde de Ericeira en Portugal durante el reinado de Pedro II. Lo cierto es que la Junta de Comercio fue el agente principal de los intentos de reindustrialización durante las dos últimas décadas del siglo XVII, aunque sus medidas tardaron en surtir efecto, debido a las alteraciones que causaron las drásticas devaluaciones monetarias de 1680 y 1686. Sus esfuerzos se centraron sobre los territorios de Castilla, por lo que pronto se vio la necesidad de crear nuevas "Juntas Particulares de Comercio", de ámbito regional o provincial, en otras áreas con importante tradición manufacturera como Granada, Sevilla, Barcelona o Valencia.

En opinión de H. Kamen, la Junta de Comercio obtuvo uno de sus mejores resultados precisamente en la contratación de técnicos y artesanos extranjeros. Los ejemplos son muy abundantes. En 1683 el flamenco Dieudonné Lambot se comprometió a traer 25 artesanos para establecer manufacturas de vidrio y cristal en San Martín de Valdeiglesias. A partir de 1686 Hubert Marechal, con el respaldo financiero de la Junta, instaló decenas de telares en Cuenca, contribuyendo a la recuperación de ese antiguo centro pañero. Algo similar hicieron los también flamencos Michel de Reveillart y Henry Leconte en Toledo a partir de 1690, mientras que el empresario español Pedro García de Heredia hizo venir a varias decenas de artesanos de la Navarra francesa para

trabajar en la manufactura de bayetas que había establecido en Sigüenza. Como se puede apreciar, la mayoría de los artesanos procedían de Flandes, pues a la tradición industrial de ese territorio se sumaban las no despreciables ventajas de que eran también súbditos de la monarquía española y de religión católica.

Las pautas marcadas por la Junta de Comercio, en lo que se refiere a las transferencias tecnológicas mediante la contratación de expertos extranjeros, no se interrumpieron en los primeros años del siglo XVIII a pesar del cambio de dinastía y de la guerra de Sucesión. Sin embargo, en un principio nada permitía predecir tal continuidad. Muy al contrario, los consejeros franceses que rodeaban a Felipe V traían instrucciones expresas de Luis XIV, como ha documentado Kamen, de hacer todo lo posible por incrementar la dependencia comercial con respecto a ese país. Así, en julio de 1701 el presidente del Consejo de Castilla pidió al ministro de Asuntos Exteriores francés, marqués de Torcy, que autorizase la venida de técnicos y artesanos expertos en manufacturas textiles, así como en la fabricación de vidrios y espejos, sombreros, papel y conservas, pero el ministro rechazó la mayoría de estas peticiones argumentando que el mercado español ya era abastecido por las manufacturas francesas, y que aún lo sería más si, como se preveía, acababa produciéndose la unión dinástica de las dos coronas. Alegaba además que si se permitía la libre emigración de técnicos a España, resultarían gravemente perjudicados los intereses económicos franceses, y sólo dejaba abierta la posibilidad de que se tratase de captar a los numerosos artesanos de esa nacionalidad que residían en Holanda.

Aquella respuesta era muy reveladora de la política que se pretendía aplicar en las relaciones con España, que era la de convertir a nuestro país en un mercado reservado para sus manufacturas, así como en fuente de abastecimiento de materias primas. Esta política de intercambio desigual, que se inspiraba en el principio típicamente mercantilista del pacto colonial, era muy similar a la que por esas mismas fechas había establecido Inglaterra con Portugal en el Tratado de Methuen (1703). El gobierno francés mantuvo su postura durante la guerra de Sucesión, suavizándola tan sólo en lo que hacía referencia a las industrias mineras y metalúrgicas, dado que con sus productos podían contribuir al esfuerzo bélico. Pero ya en los ú1timos años del conflicto, desde el propio gobierno de Felipe V empezaron a surgir iniciativas que se oponían claramente a las interesadas directrices francesas. En 1711, el conde de Bergeick intentó poner en marcha la recuperación de la industria española, haciendo venir a artesanos flamencos de diversas especialidades. Esta iniciativa no dejó de alarmar a los funcionarios franceses, especialmente al embajador Bounac, que pretendió obstaculizarla por todos los medios. A pesar de estas intrigas, Bergeick consiguió traer a 50 tejedores de Bruselas, con los que puso en marcha la fábrica de paños de Valdemoro, bajo la dirección de José Aguado, que fue la primera que se estableció sobre la base de mano de obra extranjera.

Estas iniciativas se afianzaron tras la paz de Utrecht, con la hispanización de la monarquía y del gobierno de Felipe V. La audaz política exterior del cardenal Alberoni

conllevaba un reformismo económico a todos los niveles, para fortalecer el país de cara a la guerra. Su más importante logro en cuanto a la reindustrialización fue la creación de la fábrica de paños de Guadalajara. Hacia 1717, Alberoni concibió el proyecto de establecer una gran fábrica de paños de lana de calidad, con objeto de arraigar y desarrollar este tipo de industria en el país. Seguramente por sugerencia del barón de Ripperdá, embajador de las Provincias Unidas en Madrid, se decidió traer a técnicos holandeses. Alberoni encomendó su búsqueda al embajador de España en Holanda, marqués de Berritilandi, quien a su vez utilizó los servicios del cónsul en Amsterdam, José Manuel de Acosta. Fruto de las primeras negociaciones fue la llegada de 50 tejedores acompañados de sus familias; venían contratados por quince años y, a cambio

1.1. La Real Fábrica de Tapices de Santa Bárbara y los Van der Goten. *Es uno de los primeros establecimientos industriales basados en la inmigración de mano de obra extranjera. Sigue existiendo en la actualidad, en manos de la misma dinastía de artesanos que la fundó. Dibujo a plumilla decimonónico de las desaparecidas dependencias madrileñas; retrato del fundador, Van der Goten, el Viejo (Fábrica de Tapices); y tapiz de su hijo Jacobo sobre Don Quijote en «La abentura de los batanes», h. 1724-1731 (Palacio Real).*

de ventajosas condiciones salariales, se les obligaba a desempeñar su trabajo con perfección y a enseñar sus técnicas a los españoles. Según González Enciso, posteriormente llegaron más holandeses a Guadalajara, en número difícil de determinar.

Durante el resto del reinado de Felipe V, prosiguieron los intentos de atracción de técnicos extranjeros. Agentes activos en ello fueron los embajadores y cónsules españoles en Europa. A las Reales Fábricas de Guadalajara siguieron llegando en gran número artesanos franceses y holandeses. También en la industria metalúrgica fue notable su aportación. Por ejemplo, Pedro Enrique Meuron y Emerico Dupasquier, de origen suizo, contribuyeron decisivamente a la instalación de la Real Fábrica de Hojalata de Ronda, en 1731. Dupasquier reclutó, además, en Alemania a treinta maestros y oficiales metalúrgicos que constituyeron la mano de obra fundamental de esta fábrica.

La política de atracción de técnicos extranjeros culminó a mediados del siglo XVIII, en la época en que Carvajal ocupó la Secretaría de Estado y Ensenada la de Hacienda y Guerra. A pesar de su rivalidad personal, ambos ministros mantuvieron una postura muy similar a ese respecto. Dejando aparte los numerosos expertos en construcción naval que Jorge Juan consiguió reclutar en Londres para los arsenales españoles, quizás los logros más importantes de esta etapa fueron la fundación de la Real Fábrica de paños finos de San Fernando, sobre la base de varias decenas de artesanos irlandeses católicos contratados por Ambrose Berry, y la de la Real Fábrica de tejidos de seda de Talavera de la Reina, cuyo fundador y director fue el lionés Jean Ruliere. Otras reales fábricas de carácter suntuario también se beneficiaron de la afluencia de artesanos foráneos, pues el nivel de calidad de su producción requería una muy elevada cualificación de la mano de obra. Fue el caso de la Real Fábrica de Vidrios de San Ildefonso, donde la afluencia de trabajadores de una misma nacionalidad dejó su impronta en la estructura productiva del establecimiento, que contaba con talleres denominados "de franceses" y "de alemanes", respectivamente, por la procedencia de la mayoría de su plantilla laboral. Por esas fechas, el irlandés Bernardo Ward, funcionario al servicio de la Corona de España, publicó su *Proyecto Económico*, en el que exponía las ventajas que a su juicio reportaría la llegada de técnicos extranjeros –difusión de las nuevas técnicas, incremento de la población y de la riqueza–, proponía dar rango oficial al programa para atraerlos y recomendaba una amplia utilización de la propaganda para contrarrestar los prejuicios que pudiesen tener los extranjeros para venir a España. Este ambicioso programa no llegó a llevarse a cabo porque con la muerte de Carvajal y el cese de Ensenada la política de atracción de artesanos extranjeros perdió a sus principales valedores.

No obstante, la semilla ya estaba echada, y, tras algunos años de relativo descenso de la inmigración, los comienzos del reinado de Carlos III presenciaron una masiva afluencia de técnicos extranjeros. La llegada del nuevo rey en 1759 marcó una pauta bien significativa, pues trajo consigo a buena parte de la plantilla de la manufactura napolitana de Capodimonte, además de una abundante provisión de herramientas y materias primas, con todo lo cual estableció en Madrid la nueva Real Fábri-

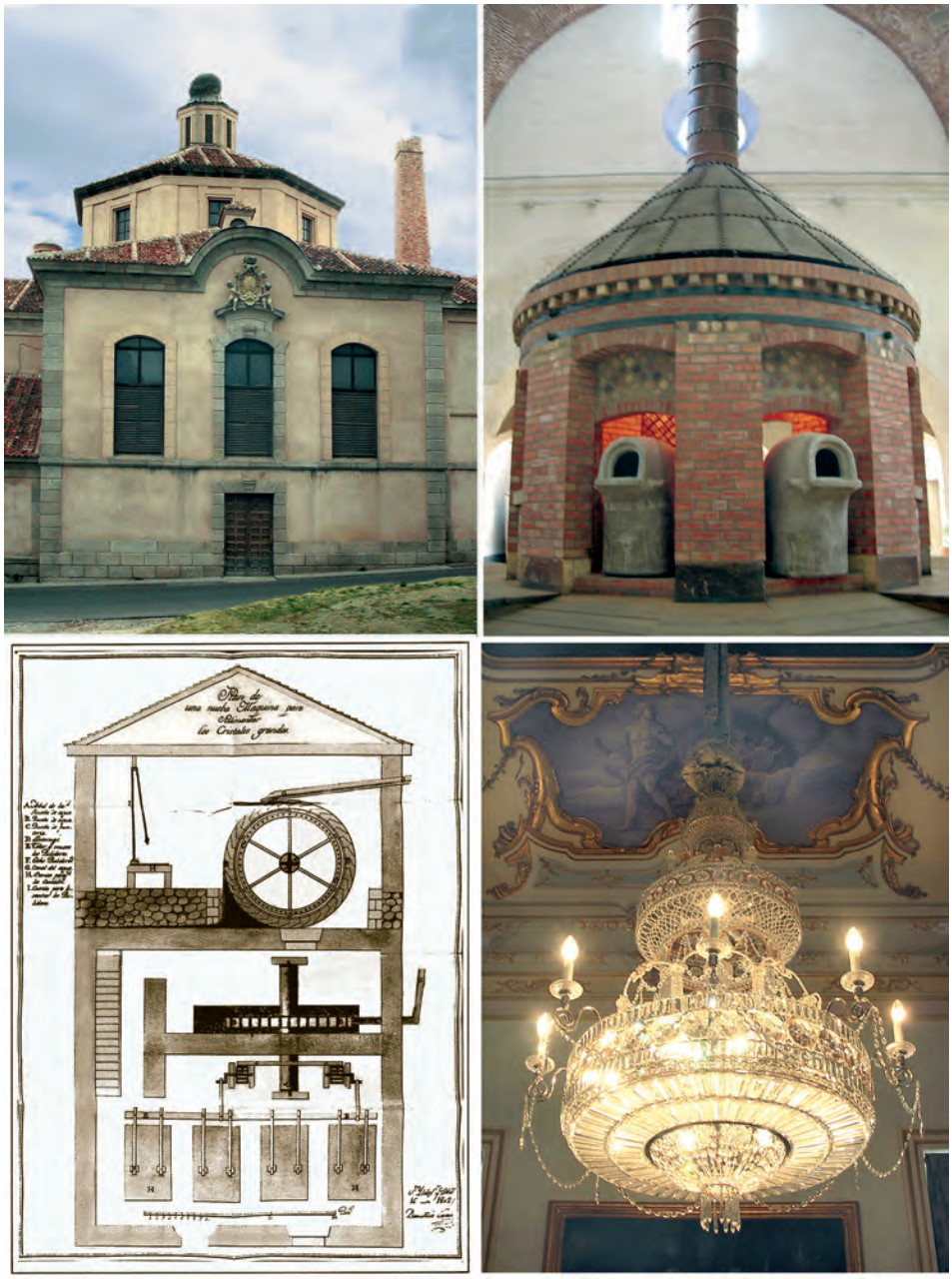
ca de Porcelana del Buen Retiro. En esa época no se trataba ya de una inmigración selectiva, organizada y canalizada por los embajadores y cónsules españoles, sino de un fenómeno espontáneo y masivo. Las causas son fáciles de explicar: por toda Europa corrían rumores acerca de los elevados salarios, el bajo coste de vida y las buenas condiciones de trabajo que ofrecía España a los extranjeros. Ante la fuerza de este reclamo, fueron los propios técnicos y artesanos los que por su cuenta y riesgo decidieron acudir. Algunos dirigieron cartas al rey, al secretario de Hacienda o a la Junta de Comercio y Moneda, ofreciendo sus servicios y ponderando sus conocimientos; otros contaron con la protección del embajador de su país en España, pero la inmensa mayoría se presentaba directamente en las reales fábricas y otros centros industriales. Todos ellos, antes de ser contratados, debían demostrar sus habilidades pasando un examen práctico ante una comisión de expertos, designados normalmente por la Junta de Comercio y Moneda. Los que resultaban más cualificados obtenían la autorización real para establecer sus propios talleres o factorías, especialmente cuando ofrecían nuevos productos o aplicaban nuevos procedimientos técnicos. Tanto esta autorización real como la contratación por parte de una industria llevaban habitualmente aparejada la obligación de enseñar sus conocimientos a los naturales del país. En estas condiciones llegaron a España, entre otros muchos, el irlandés John Dowling, director de la fábrica de acero y limas de San Ildefonso; el alemán Francisco Richters, director de las fundiciones de artillería de La Cavada; y el austriaco Juan Jorge Graubner, fundador y director de la fábrica de latón de Alcaraz.

Si bien durante el reinado de Carlos III predominó la inmigración espontánea, el Estado no dejó de recurrir a sus embajadores y cónsules en el extranjero cuando se trataba de hacer venir a algún técnico de excepcionales dotes. Es el caso del franco-suizo Jean Maritz, inspector general de las Fundiciones de Artillería de Francia, en 1766. Para conseguir que viniese a España un personaje tan importante, tuvieron que sumarse los esfuerzos de los secretarios de Estado y de Guerra, Grimaldi y Esquilache, así como los del conde de Fuentes, embajador español en París, quienes llegaron a presionar al duque de Choiseul para obtener de Luis XV una resolución favorable. Maritz fue seguramente el técnico que mejores condiciones obtuvo en su contrato. Durante sus discontinuas estancias en España, entre 1766 y 1775, percibió un sueldo anual de 90.000 reales y gratificaciones extraordinarias por un total de 1.200.000 reales.

Una vez establecidos en el país, y pese a las ventajosas condiciones de que generalmente disfrutaban, los extranjeros padecían a menudo dificultades derivadas de la intolerancia religiosa, la hostilidad de los gremios y los enfrentamientos con los funcionarios que ocupaban cargos administrativos en las reales fábricas. Se trató de eliminar estos obstáculos por medio de la legislación. Así, por una real cédula de 1772, se autorizó a los artesanos extranjeros a ejercer libremente su oficio sin necesidad de pasar por los grados de aprendiz y oficial, con lo que se privaba a los gremios de su principal resorte de poder: el monopolio del trabajo en cada actividad. Por lo que

1.2. Figuras de porcelana de la Real Fábrica del Buen Retiro: *1) El Estanque Grande del Retiro: al fondo se distingue la Fábrica (edificio en U de tres plantas) y el Real Observatorio de Madrid (óleo sobre sarga, h. 1816; Museo Municipal de Madrid); 2)* Aventura galante*, de la primera época (1760-1783), recuerda su filiación con la cerámica barroquizante de Capo di Monte (Nápoles), de donde vinieron los artesanos con Carlos III; 3)* El tiempo*, de la segunda época (1783-1803), de factura claramente neoclásica.*

respecta a la intolerancia religiosa, el comportamiento de las autoridades ante la llegada de artesanos no católicos fue contradictorio hasta que, en el reinado de Carlos IV, se publicó una real cédula que ordenaba que no se molestase a los técnicos extranjeros por sus creencias religiosas, siempre que las practicasen en privado. Hay datos que permiten suponer que esta legislación fue bastante inoperante, especialmente en los pequeños núcleos de población, donde los poderes locales eran más influyentes. En consecuencia, la hostilidad con que frecuentemente fueron acogidos los técnicos extranjeros provocó a menudo que retornaran a su país de origen.



1.3. Real Fábrica de Cristales de la Granja: *1) Fachada principal (crucero oriental); 2) Horno (reconstrucción) con crisoles cerrados; 3) Plano de máquina para pulimentar cristales planos, realizado por Demetrio Crou, 1802 (posterior a la de Juan Dowling, de 1773, se instaló en el propio recinto fabril; Patrimonio Nacional); 4) Lámpara del siglo XVIII instalada en el Palacio Real de la Granja (fot.: M.S.S.).*

En contrapartida, no se puede dejar de mencionar que también hubo, entre los que llegaron, artesanos pícaros y aventureros. John Riley fue un caso típico: este inglés ofreció sus servicios a Carlos III estando encarcelado en Sevilla como prisionero de guerra; tratando de compensar su pésima reputación de gran bebedor con su conversión al catolicismo, negoció un contrato con el rey en noviembre de 1781, por el que se comprometía a establecer y dirigir una fábrica de paños a cambio de un salario anual de 9.000 reales. El proyecto de Riley no llegó a plasmarse en ninguna realización concreta, y en 1801 la Real Hacienda descubrió que este individuo había estado percibiendo sus salarios durante veinte años, sin que durante los últimos diez hubiese trabajado nada en absoluto.

III

El espionaje industrial

Se trata, sin duda, de una de las prácticas más antiguas y generalizadas para tratar de acceder al conocimiento de nueva tecnología, aunque su eficacia para difundirla y asimilarla haya sido dudosa. En el caso español, se pueden detectar actividades más o menos asimilables al espionaje industrial al menos desde el siglo XVI, pero no se puede hablar de verdaderas misiones, perfectamente organizadas y planificadas, hasta mediados del XVIII. Ya en la primera mitad del siglo empezaron a descubrirse los inconvenientes de una política de transferencias de tecnología basada en la inmigración de técnicos extranjeros. Además de la resistencia a revelar sus procedimientos y habilidades, que trataban de mantener en secreto como su patrimonio personal más valioso, pronto se pudo constatar el fracaso del principal objetivo perseguido: no se logró aclimatar la tecnología importada porque los técnicos no fueron capaces, salvo excepciones, de transmitir sus conocimientos a los aprendices españoles. Ello trajo consigo una consecuencia aún más grave: que tampoco se consiguió generar una dinámica autóctona de desarrollo tecnológico, pues, cuando los inmigrados retornaban a su país de origen, fallecían o se jubilaban, se perdían los conocimientos que no habían transmitido, o bien se fueron quedando obsoletos ante los nuevos avances de la industria europea.

No es de extrañar, por tanto, que se tratase de complementar esta política con el envío de artesanos o ingenieros españoles al extranjero, para ampliar su formación en los más importantes centros industriales y, sobre todo, organizando misiones de espionaje industrial. Estas formas de actuación constituyeron tres estrategias complementarias al servicio de un mismo objetivo, hasta el punto de que cada una de ellas era la prolongación natural de las otras dos, de forma que no pueden estudiarse separadamente, aunque hay que admitir que su importancia relativa fue diferente en cada etapa.

Según Sarrailh, la práctica de pensionar viajes y estancias de formación de técnicos españoles en otros países tiene su origen en un real decreto de Felipe V, de 4 de

julio de 1718. Sin embargo, hasta mediados de siglo no empezó a aplicarse de forma sistemática y generalizada, en estrecha relación con las primeras misiones de espionaje industrial, puesto que con frecuencia sirvieron de "cobertura" visible para camuflarlas ante las autoridades extranjeras. También, inversamente, muchos de los españoles que ampliaban estudios por cuenta del Estado se dedicaron, de forma más o menos ocasional, a ese otro tipo de actividades. Baste mencionar dos ejemplos: en 1776 la Junta Particular de Comercio de Barcelona decidió pensionar a tres jóvenes catalanes –Guillemot, Brugarolas y Masferrer–, a quienes se sumaría el aragonés Tomás Pérez, para que durante cuatro años permaneciesen en Francia aprendiendo diversos oficios. Estos cuatro artesanos fueron colocados bajo la supervisión del cónsul de España en El Havre, quien se ocupó de introducirles en "buenas fábricas", donde actuaron como verdaderos espías. Por otra parte, el conde de Floridablanca dio un gran impulso a los viajes de ampliación de estudios por Europa. Ocupa un lugar muy destacado el célebre "equipo hidráulico" que se constituyó en París a finales de la década de 1780 bajo la dirección de Agustín de Betancourt, y a cuyos componentes se encomendó en algún momento la adquisición de nuevas técnicas.

Fue a partir de 1749 cuando, por iniciativa del marqués de la Ensenada, se organizaron los primeros viajes de espionaje industrial, que fueron protagonizados, como es bien sabido, por los marinos Jorge Juan y Antonio de Ulloa. No es exagerado dar tal calificativo a esos viajes, puesto que fueron minuciosamente preparados; se redactaron instrucciones en las que se fijaba el itinerario, las estaciones y los objetivos que se deberían cubrir; se previno a los embajadores y cónsules españoles para que les facilitaran el desempeño de sus misiones; y se les entregaron códigos secretos para que pudieran cifrar su correspondencia con Madrid. Los objetivos de ambas misiones eran principalmente tres: obtener información sobre las técnicas y la organización de las industrias de construcción naval; enterarse de la política practicada por los países de su recorrido en materia de comercio con el imperio colonial español; y averiguar qué medidas se aplicaban en esos países para fomentar el crecimiento de sus manufacturas, especialmente de aquellas que competían con las españolas, tanto en el mercado peninsular como en el americano.

En el caso de Jorge Juan, su destino era la capital británica, y su primer objetivo, según la instrucción reservada que se le entregó, contratar a algunos de los mejores constructores navales ingleses, así como a destacados maestros en la fabricación de jarcias, lonas e instrumentos náuticos, para los arsenales españoles. Además, debería ocuparse de otras muchas cuestiones, desde informar sobre posibles expediciones británicas para ocupar las islas Malvinas, hasta dar cuenta detallada de la política vigente en materia de aranceles y comercio exterior, pasando por averiguaciones sobre técnicas industriales concretas, como «la composición del más fino lacre» o la manufactura de paños, bayetas y sempiternas. La cobertura de su misión era un viaje de estudios, para lo cual se hizo acompañar de dos jóvenes guardiamarinas. La estancia de Jorge Juan en Londres se prolongó durante más de un año y estuvo sembrada

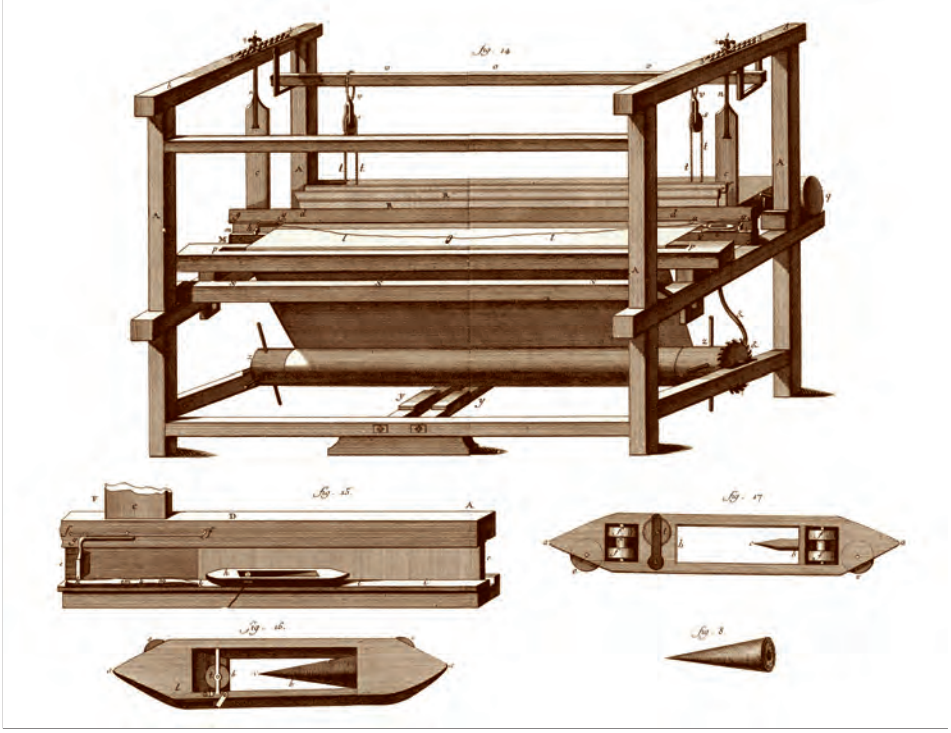
***1.4. Tres ilustres espías industriales de la segunda mitad del siglo XVIII: Antonio de Ulloa (1718-1795)**, marino, científico e ingeniero singular (Museo Naval de Madrid, 1785, inv. 758); **Tomás Pérez Estala (1754-1829),** maquinista real, impulsor de la introducción de la máquina de vapor para achicar agua en las minas de Almadén (Francisco de Goya, h. 1798; col. particular, Madrid); y **Fernando Casado de Torres e Yrala (1754-1829),** comandante General de Ingenieros de la Armada, activo en proyectos como la siderurgia con carbón mineral en Asturias o sierras movidas por máquina de vapor en el Real Arsenal de la Carraca (Museo Naval de Madrid, inv. 663).*

de vicisitudes; varias veces estuvo a punto de ser descubierto, lo que le obligó a cambiar de identidad y domicilio. Pese a todo, consiguió cumplir la mayor parte de sus objetivos, especialmente por lo que se refería a hacer llegar a España a técnicos en construcción naval.

El viaje de Antonio de Ulloa tenía planteamientos menos concretos. Estaba previsto que transcurriera sobre todo en Francia, pero también incluía recorridos por los Países Bajos y Escandinavia. Igualmente se adoptó como cobertura para esta misión un viaje de estudios, por lo que se hizo acompañar de tres jóvenes militares en formación. La primera etapa del viaje transcurrió por el sur de Francia durante el otoño de 1749; además de visitar el Canal del Languedoc –sobre cuyo modelo se proyectaría poco después el Canal de Castilla–, recogió importante información sobre las industrias pañeras de Carcasona, de resultas de lo cual hizo llegar a España la primera descripción –acompañada de un plano detallado– de un telar con lanzadera volante, mecanismo recientemente patentado por John Kay, que permitía duplicar la productividad del tisaje. También estuvo en el gran centro sedero de Lyon, donde se informó a fondo sobre la organización productiva de esta industria. Desde allí, aunque no estaba previsto inicialmente, se dirigió hacia Ginebra, donde trabó contacto con el céle-

bre relojero Jacques François de Luc, al que consiguió convencer para que se trasladase a España. Ulloa llegó a París en enero de 1750, y allí permaneció hasta mediados de abril. Sus dos mayores logros fueron la contratación del ingeniero Charles Le Maur, que tendría un papel muy importante en la puesta en marcha del proyecto del Canal de Castilla, y la visita a la fundición de artillería del Arsenal, donde tuvo ocasión de presenciar el funcionamiento de las máquinas de barrenar cañones fundidos en sólido, fruto de lo cual fue la elaboración de un plano y una maqueta de una de dichas máquinas, que fueron remitidos a España.

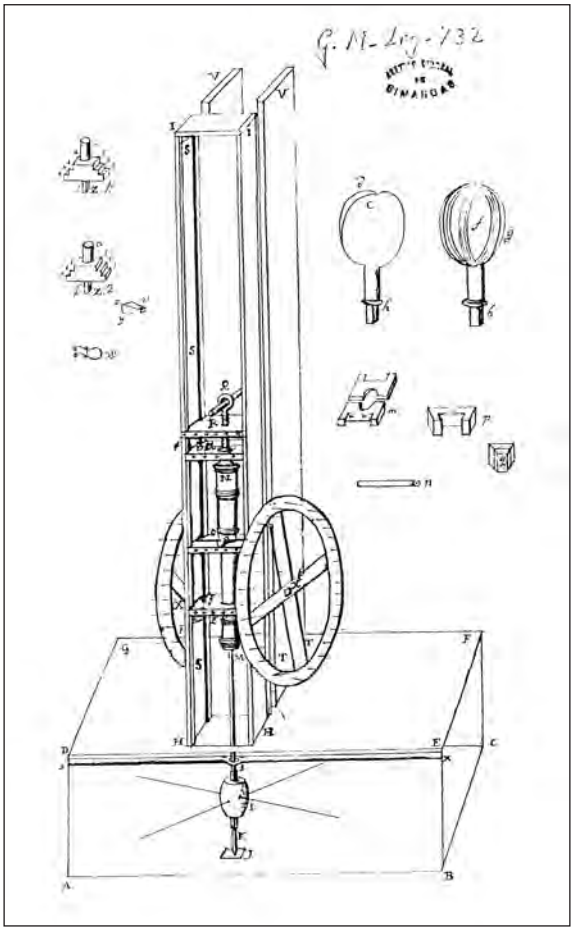
Durante la primavera y parte del verano de 1750, Ulloa recorrió las costas de Normandía y Bretaña, prestando especial atención a los arsenales de la Marina y a la actividad comercial de puertos como Rochefort, Nantes o Lorient, así como a las manufacturas textiles de Rouen, que tenían en España uno de sus principales mercados exteriores. Regresó a París a mediados de agosto, y durante su segunda estancia en la capital, al tiempo que redactaba las memorias de su viaje, se interesó por otros asuntos: desde unos relojes de nueva invención, presentados a la Academia de Ciencias por un tal Ribaz, hasta un extenso informe sobre la red de caminos de Francia, pasando por la remisión de un modelo a escala de un nuevo tipo de torno para hilar la seda.



1.5. Telar de paños con lanzadera, *del mismo tipo de los que en misión de espionaje industrial vio funcionar Antonio de Ulloa en Carcasona.*

A comienzos de 1751, Ulloa empezó a preparar la siguiente etapa de su viaje, que transcurriría por los Países Bajos, pero que se abrevió considerablemente a instancias del marqués de la Ensenada. Se puso en marcha en marzo y antes de cruzar la frontera, camino de Flandes, estuvo en la célebre manufactura real de paños de Abbeville. Una vez en Holanda, aparte de gestionar la contratación de seis maestros en la fabricación de jarcias y lonas para los arsenales españoles, así como la de dos expertos en trabajos hidráulicos, con destino a las obras de regadío de las vegas de Lorca y Granada, visitó la fundición de artillería de La Haya, donde pudo constatar que también se había implantado con éxito la nueva técnica de barrenado de cañones fundidos en sólido.

A mediados de agosto se dirigió hacia los países escandinavos. Llegó a Copenhague a finales de ese mes y tuvo ocasión de adentrarse en los arsenales de la Marina. También se interesó por la política de fomento de la industria textil, a través de es-



***1.6. Barrena vertical de la fundición del Arsenal de París**, dibujo de A. de Ulloa en misión de espionaje, 1751 (Archivo General de Simancas, M. P. y D. XLVI-22).*

tímulos indirectos a la iniciativa privada, que había obtenido buenos resultados a pesar de trabajar con lana importada, procedente en su mayor parte de España. Mayor relieve tuvo su estancia en Suecia, pues la efectuó no ya como espía sino casi como huésped oficial, llegando a ser recibido por los propios reyes, gracias a los buenos oficios del embajador español, marqués de Grimaldi. Lo más interesante fue la visita al arsenal de Karlskrona, pues tuvo ocasión de observar el funcionamiento de un gran dique de carenar en seco, una nueva técnica de construcción naval que años más tarde se introduciría en los arsenales españoles.

El periplo europeo de Ulloa concluyó en Prusia, donde llegó a ser recibido en audiencia privada por Federico II en Potsdam, acompañado por el célebre matemático Maupertuis, presidente de la Academia de Ciencias de Berlín. A finales de noviembre de 1751 Ulloa y sus acompañantes emprendieron el regreso. En París les esperaba una orden del marqués de la Ensenada por la que se les mandaba visitar las principales minas de azogue y plata centroeuropeas, con objeto de averiguar si los procedimientos que se empleaban en ellas eran susceptibles de aplicarse en Almadén y en las minas americanas. Ulloa trató de convencer al ministro de que no tenía sentido prolongar el viaje más tiempo, y sin esperar respuesta, partió con destino a España, adonde debió de llegar a comienzos 1752, más de dos años después de su partida.

Los resultados de estos dos primeros viajes de espionaje industrial fueron muy prometedores –lo que se debió, en buena medida, a la capacidad y cualificación de sus protagonistas–, especialmente en lo tocante a la introducción de las nuevas técnicas de diseño y construcción naval en los arsenales españoles. Por ello, en los años siguientes el marqués de la Ensenada promovió la realización de otras tres misiones, que corrieron a cargo de cinco oficiales de artillería: Enrique Enriqui, Dámaso Latre, Agustín Hurtado, José Manes y Francisco Estachería. Tenían como objetivo principal la recogida de información acerca de las nuevas técnicas de fabricación de cañones, pero sus resultados prácticos, al menos a corto plazo, fueron muy poco relevantes.

El primero de estos viajes puede considerarse una especie de prolongación del de Ulloa. Este último, antes de salir para Francia, visitó la fundición de cañones de bronce de Barcelona y remitió a Ensenada informes sobre los procedimientos de refinación del cobre americano, que allí se empleaba como materia prima. A su llegada a Marsella se encontró con una carta del ministro en la que, al tiempo que le mostraba su satisfacción por dichos informes, le animaba a seguir asesorándole sobre ese tipo de cuestiones. Pero Ulloa declinó la propuesta, por falta de tiempo y de preparación técnica suficiente para ocuparse de tales asuntos; y le propuso que fuera Enrique Enriqui, un teniente de minadores que había conocido en Barcelona, quien lo hiciera, pues, a su juicio, era la persona más indicada para recorrer las principales fundiciones de artillería europeas y reunir información sobre las últimas novedades en materia de refinación y aleación de metales. Ensenada aprobó la propuesta y encargó a Ulloa que redactara la instrucción para el viaje de Enriqui, mientras éste llegaba a París para reunirse con él.

Dicha instrucción establecía con claridad el objetivo del viaje: «Imponerse en cuanto fuese conducente a perfeccionar los metales, tanto de cobre como de hierro, para la fundición de artillería». El itinerario comprendería tres etapas: la primera se iniciaría con una breve estancia en París, proseguiría por las regiones de Alsacia y Lorena, donde Enriqui debería visitar las minas de cobre más importantes, así como las fundiciones de artillería de Estrasburgo y Metz, y concluiría en Holanda; la segunda etapa abarcaría los países escandinavos, especialmente Suecia, donde habría de ver las minas de cobre de Falun y Copperberg, y concluiría en San Petersburgo; la última etapa transcurriría por las regiones mineras de Prusia, Austria y Hungría, y acabaría en el norte de Italia, desde donde debería regresar a España. La duración estimada del viaje sería de algo más de dos años, hasta el verano de 1752.

Enriqui llegó a París en marzo de 1750 y permaneció allí casi tres meses, sin que apenas haya quedado testimonio de su actividad. A continuación visitó minas de cobre en Lorena y el Electorado de Tréveris, así como las plazas militares de Estrasburgo, Metz, Vessel y Delft, en cuyos parques de artillería tuvo ocasión de comparar las características y calidades de los cañones fabricados en Francia, Alemania y Holanda. Sorprendentemente, ello le llevó a la errónea conclusión de que todos eran inferiores a los que se hacían en España, tanto en su diseño y construcción como en la aleación de metales. Según Enriqui, la supuesta superioridad de la artillería europea sobre la española no residiría en la calidad material de los cañones sino en la capacitación de los oficiales. Por tanto, decidió prestar más atención a la organización y a la enseñanza en las academias de artillería que a los aspectos técnicos de la fabricación, lo que era una manifiesta contravención de las instrucciones recibidas para el desarrollo de su misión. En cuanto llegó a La Haya, escribió a Ensenada pidiéndole que accediese a cancelar la segunda etapa de su viaje, alegando que no creía que fuese a aprender nada nuevo en los países escandinavos sobre la minería y la metalurgia del cobre. A fines de 1750, Ulloa le comunicó que el ministro había accedido a su pretensión pero que, en contrapartida, se había decidido enviarle de inmediato a Inglaterra, donde ya se le instruiría sobre lo que debería hacer.

Quizás este inesperado cambio de planes tuvo que ver con la posibilidad de encargar a Enriqui alguno de los asuntos que había dejado pendientes la precipitada marcha de Londres por parte de Jorge Juan, pocos meses atrás. Pero lo cierto es que si hasta entonces Enriqui había dado muestras de escasa diligencia en el desempeño de su misión, tan pronto como llegó a Londres se demostró abiertamente incapaz. Como ni siquiera conocía el idioma, el embajador español le tuvo que asignar un intérprete, y permaneció allí varios meses a la espera de que se le diesen instrucciones concretas, en una inactividad casi completa. En vista de que las instrucciones no llegaban, recurrió a Ensenada y a Ulloa, hasta que el ministro dio orden de que regresara a España. Enriqui llegó en mayo de 1751 y fue recibido muy fríamente por Ensenada, lo que él atribuyó a la pérdida de las memorias de su viaje. El ministro le encargó redactar un informe sobre los tipos de máquinas que se empleaban en las fábricas de artillería

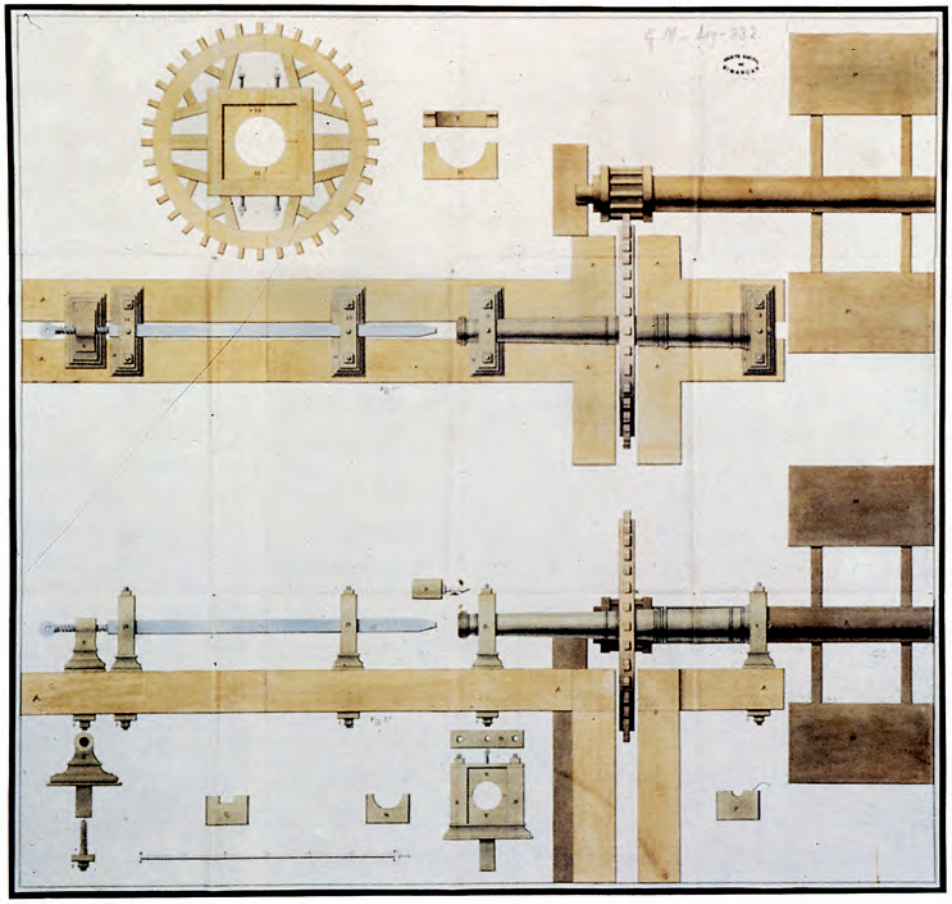
europeas para barrenar los cañones fundidos en sólido, pero Enriqui cumplimentó tan mal el encargo que ya no volvió a ser requerido para ningún otro trabajo.

A finales de 1750, cuando ya empezaba a ser evidente el fracaso de la misión de Enriqui, en la Secretaría de Guerra debió de hacerse una seria autocrítica de la improvisación y el apresuramiento con que se había organizado, así como de la incompetencia de su protagonista. De esta reflexión, y de la persistente necesidad de llevar a cabo la modernización técnica de la artillería española, surgió la iniciativa de organizar un gran viaje de espionaje industrial que, abarcando la mayoría de los países europeos, proporcionase a las autoridades militares españolas una visión general sobre los avances tecnológicos más recientes, tanto en el ámbito de la fabricación de material de artillería como en el de las industrias mineras y metalúrgicas, en general. Se eligió a cuatro jóvenes militares de muy diversa procedencia y formación, aunque, con vistas al viaje, todos ellos fueron nombrados comisarios extraordinarios de artillería con grado de capitán. Se decidió que estos oficiales efectuasen el viaje de dos en dos, y en enero de 1751 se entregó a cada pareja una instrucción en la que se detallaba el itinerario y los objetivos concretos de su misión.

La pareja formada por Dámaso Latre y Agustín Hurtado debería viajar por el norte de Europa, desde Londres hasta San Petersburgo, pasando por Dinamarca y Suecia, y su objetivo principal era recoger información sobre una nueva aleación de metales que se estaba probando en Londres y que, al parecer, permitía fabricar cañones de gran resistencia y un peso inferior al habitual. En abril de 1751 ya se encontraban en la capital británica; durante los primeros meses de su estancia se dedicaron a dicho objetivo e incluso consiguieron entablar negociaciones directas con los inventores de la aleación para adquirir el secreto de su composición. Pero no se pudo llegar a un acuerdo por las desmesuradas pretensiones económicas de aquéllos. Los dos comisarios permanecieron en Londres durante más de dos años, con muy escasos resultados. Latre se dedicó principalmente a trabar relación con proyectistas y supuestos inventores, mientras que obligaba a su compañero Agustín Hurtado a recoger información sobre aspectos organizativos del Ejército británico, de nulo o muy escaso interés.

A mediados de 1753 marcharon a Holanda, pese a que no estaba inicialmente previsto, porque Ensenada les encargó negociar con el inventor de un instrumento óptico que mejoraba la puntería de los cañones. Pero tampoco consiguieron ningún resultado. Prosiguieron hacia Dinamarca, aunque su viaje estuvo a punto de cancelarse debido a que acababan de romperse las relaciones diplomáticas con ese país. Su estancia allí fue muy breve y tampoco aportó ninguna información tecnológica de interés. Después salieron por separado hacia Estocolmo, pues la incompatibilidad personal entre ambos oficiales había llegado a extremos irreconciliables. Aunque permanecieron en Suecia más de medio año, los frutos tecnológicos de tan prolongada estancia fueron realmente insignificantes: solamente dos breves memorias, sobre un nuevo tipo de cañón de hierro forjado y sobre una especie de barcazas artilladas

que se empleaban en aquel país para la defensa de los puertos. Las relaciones entre ambos siguieron deteriorándose, y como los rendimientos de la misión eran muy pobres, Hurtado decidió pedir al ministerio la cancelación del viaje. Ensenada tardó en expedir la orden correspondiente, de forma que cuando ésta llegó a Estocolmo, los viajeros ya habían partido hacia San Petersburgo, adonde llegaron a mediados de agosto de 1754. Allí recibieron las órdenes atrasadas, así como una posterior por la que se nombraba a Latre para ocupar un cargo administrativo en la Secretaría de Guerra. Antes de regresar a España, tenían que pasar por Freiberg para encontrarse con los otros dos oficiales que estaban efectuando un viaje paralelo al suyo. Allí se separaron definitivamente sus caminos. Mientras que Latre se dirigió a España, pasando por Viena y Génova, Hurtado trató de quedarse algún tiempo para cursar estudios en la



1.7. Plano de una barrena horizontal de la fundición de Estrasburgo, *para perforar cañones fundidos en sólido. Dibujado por José Manes y Francisco Estachería en misión de espionaje, 1751 (AGS, M. P. y D., XXXV-7).*

Bergakademie, pero cayó gravemente enfermo y tuvo que permanecer varios meses en Dresde, no pudiendo regresar a España hasta agosto de 1755.

La otra pareja del gran viaje promovido por Ensenada estuvo formada por José Manes y Francisco Estachería. Las principales etapas de su recorrido eran Francia, Suiza, Piamonte, Austria y Holanda. En cuanto a los objetivos generales del viaje, cabe suponer que serían muy similares a los del de Latre y Hurtado, dado que ambas misiones se organizaron de forma coordinada; aunque es muy posible que también se les hiciera algún encargo específico relacionado con el nuevo procedimiento de fundición de cañones en sólido.

Manes y Estachería llegaron a París en marzo de 1751, y allí permanecieron cerca de siete meses. No tenemos muchos datos sobre su actividad, porque la clave cifrada en la que debían redactar sus informes les llegó cuando estaban a punto de concluir su estancia. Pese a ello, sabemos que su principal logro consistió en haber podido observar con mucho más detenimiento que Ulloa el funcionamiento de las máquinas de barrenar del arsenal. Ello les permitió elaborar dos grandes planos a escala de aquéllas, así como reproducciones en madera de algunas piezas, acompañadas de una extensa memoria. También remitieron a Ensenada un ejemplar del célebre tratado de Reaumur sobre la transformación del hierro forjado en acero, así como una memoria sobre los procedimientos que se empleaban en Francia para reutilizar el hierro colado de desecho. Recogieron, por otra parte, noticias misceláneas, de las que sólo dos tenían relación directa con la metalurgia: el descubrimiento de un nuevo mineral de extraordinaria densidad en la América española –que con toda probabilidad no era otro que el platino, que ya había sido descrito por Jorge Juan y Ulloa en la relación de su viaje por la América meridional– y un informe sobre los métodos que se empleaban en las Manufacturas Reales de Saint-Gobain para azogar los espejos.

En el otoño de 1751, Manes y Estachería se dirigieron hacia el este de Francia al objeto de ver las academias de artillería de Estrasburgo, La Fere y Grenoble. Desde el punto de vista tecnológico, lo más fructífero fue la detenida visita que efectuaron a la fundición de artillería de bronce de Estrasburgo, una de las más modernas de Europa, pues apenas hacía diez años que Jean Maritz hijo había dirigido la renovación de sus instalaciones y había implantado el método de fundición en sólido inventado por su padre. Los enviados españoles remitieron a Ensenada un plano y una maqueta de una de las nuevas barrenas de tipo horizontal que Maritz había instalado, cuyo funcionamiento era más preciso que el de las barrenas verticales que habían visto hasta entonces y, además, eran impulsadas por energía hidráulica. También enviaron dos planos de los hornos de aquella fundición, con una extensa memoria explicativa en la que destacaban las ventajas de su diseño con respecto al de las españolas. Pero el fruto más importante de esta visita fue, sin duda, la elaboración de dos esclarecedores estudios comparativos: uno sobre los diferentes procedimientos de fundición de cañones; y otro sobre las ventajas que presentaban los cañones franceses con respecto a

los españoles, que, a su juicio, radicaban en que su peso era menor, debido a que estaban menos reforzados.

En los primeros meses de 1752 recorrieron los cantones suizos, deteniéndose sobre todo en Berna, donde tuvieron la oportunidad de visitar la fundición de artillería y de entrevistarse largamente con su director, Samuel Maritz, hijo mayor del inventor del procedimiento de fundición en sólido. A finales de abril llegaron a Turín, donde permanecieron casi medio año. Salvo algunas noticias sobre los métodos de elaboración del acero en el norte de Italia, no fue muy interesante la información tecnológica que recogieron. Sin embargo, fue allí donde oyeron hablar muy elogiosamente de la Bergakademie de Freiberg, y ello les dio la idea de pedir a Ensenada que les permitiese cursar estudios en aquella institución, lo que daría a su viaje un giro tan decisivo como imprevisto. Ensenada acogió favorablemente su petición, pero con la advertencia de que al concluir sus estudios deberían recorrer las principales minas de Alemania, tal como estaba previsto en su instrucción.

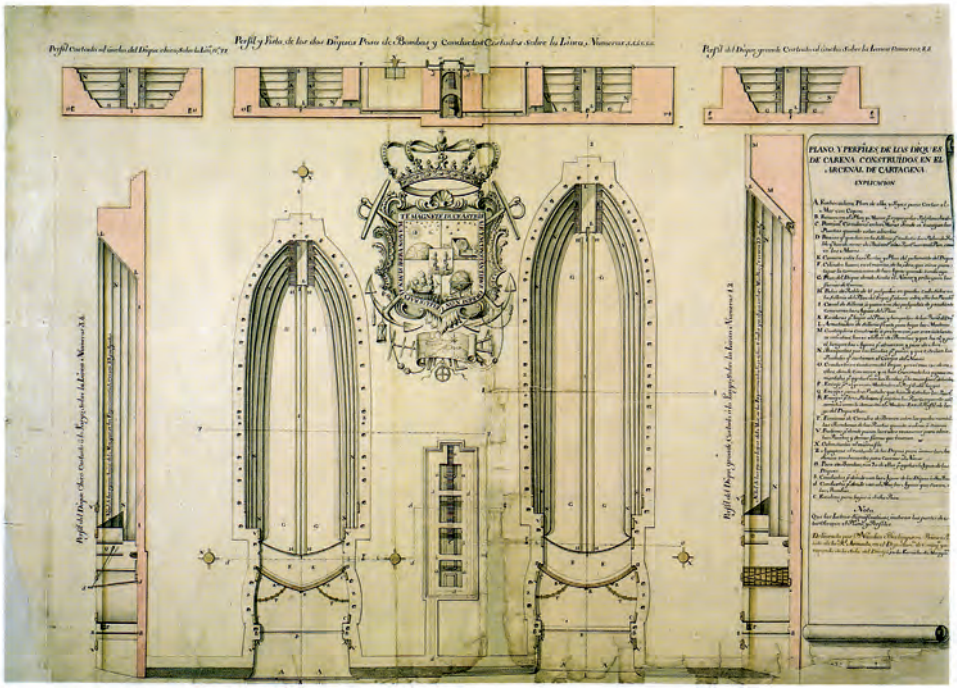
Desde Turín se dirigieron a Viena, y en julio de 1753 se encontraban en Dresde, tramitando los permisos necesarios para estudiar en Freiberg. Manes y Estachería fueron los primeros de una larga lista de jóvenes españoles que acudieron a formarse a la Bergakademie. En ella permanecieron dos años, dejando mientras tanto en suspenso su condición de espías industriales, por lo que redujeron al mínimo su correspondencia con España. Ni siquiera se vieron afectados por la caída política de Ensenada, pues el nuevo secretario de Guerra, Sebastián de Eslava, no sólo no se opuso a que siguieran en Freiberg, sino que además accedió a que después reanudasen el viaje por Alemania y Suecia, como estaba previsto. Efectivamente, desde agosto de 1755 hasta finales del verano del año siguiente visitaron algunos de los principales centros mineros de Alemania, como Goslar y Clausthal; y en octubre de 1756 se encontraban ya en Estocolmo para emprender un recorrido por Suecia. En ello invirtieron casi seis meses, hasta comienzos de la primavera de 1757, lo que suponía completar el itinerario indicado en la instrucción de 1751. Pero Manes y Estachería aún no estaban dispuestos a regresar a España, y solicitaron al secretario de Guerra que les permitiese ampliar su viaje a Inglaterra, pues habían oído que la minería y la metalurgia británicas tenían peculiaridades muy notables, especialmente por lo que se refería a la utilización del "carbón de piedra" como combustible. Se dirigieron a Holanda para esperar allí la respuesta del ministerio, y como ésta fue favorable se apresuraron a trasladarse a aquel país, en julio de 1757. Gracias a ese apresuramiento no tuvieron que regresar a España, pues ya habían marchado a Inglaterra cuando llegó a la embajada española en La Haya una orden por la que se les reclamaba de inmediato para hacerse cargo de la dirección de las minas de Almadén. Permanecieron en Inglaterra casi diez meses, hasta abril de 1758. Lamentablemente, sin embargo, no tenemos ninguna noticia sobre las actividades que desarrollaron, ni sobre las informaciones tecnológicas que eventualmente lograran obtener.

Ni siquiera cuando su estancia en Inglaterra tocó a su fin Manes y Estachería pensaron en el regreso, pues por mediación del embajador de España en París, Jaime Masones, que acababa de ser nombrado director general de Artillería en sustitución del conde de Aranda, consiguieron la autorización para incorporarse como observadores neutrales a los ejércitos contendientes en la guerra de los Siete Años, «para instruirse en el uso práctico de los cañones en los combates». En condición de tales, participaron en la campaña de 1758, pero Masones consideró que no debían seguir arriesgándose innecesariamente, y les hizo regresar a París a finales de ese año para ampliar estudios en las academias de Artillería francesas, bajo su supervisión personal. La segunda estancia de Manes y Estachería en París duró más de un año, pero resultó menos fructífera, al menos por lo que se refiere a la información técnica obtenida. Por fin, en marzo de 1760 el nuevo secretario de Guerra, Ricardo Wall, les ordenó, por sugerencia del propio Masones, que regresaran definitivamente a España. Cosa que no hicieron hasta el mes de junio, pues Manes se encontraba en Lieja visitando una fundición de artillería, y además la vuelta se prolongó más de dos meses, ya que aprovecharon para ver algunas fundiciones de la Marina francesa –probablemente Rochefort y Ruelle– y, ya en España, la fábrica de anclas de San Sebastián, algunas ferrerías de Vizcaya y las fábricas de cañones de Liérganes y La Cavada. No llegaron a Madrid hasta agosto de 1760, cuando ya habían transcurrido casi diez años desde el comienzo de su viaje. Fueron muy bien acogidos por Wall, que les ascendió a tenientes coroneles y les mantuvo como asesores técnicos en la Secretaría de Guerra, con una generosa asignación, hasta mediados de 1761, en que decidió darles la oportunidad de que aplicaran en La Cavada y Liérganes los conocimientos que habían adquirido.

La falta de resultados prácticos inmediatos de los viajes de espionaje industrial promovidos por el marqués de la Ensenada, unida a la propia caída en desgracia de quien había sido su principal impulsor, provocaron una discontinuidad en el recurso a este procedimiento hasta bien entrado el reinado de Carlos III. De hecho, no se reanudaron hasta finales de la década de 1770, con el intento de encontrar una solución al problema de la crisis de la producción útil de las fundiciones de cañones de hierro de Liérganes y La Cavada, debido al fracaso de la implantación del método de fundición en sólido, como explicaremos más adelante. Tales circunstancias impulsaron a la Secretaría de Marina a firmar en 1777 un acuerdo secreto de asesoramiento técnico con la Sociedad Vascongada de Amigos del País, en la época en que el Seminario de Vergara, dependiente de dicha institución, era el mejor centro de estudios químico-metalúrgicos de toda España. Dicho acuerdo incluía la realización de dos viajes de espionaje para recoger información sobre los últimos avances en minería, metalurgia y fundición de cañones. Estas misiones se encomendaron a dos jóvenes socios de la Vascongada: Ignacio de Montalvo, que iría a Inglaterra para tratar de infiltrarse en la fundición de Carron, y Juan José de Elhuyar, que marcharía a Freiberg para cursar estudios en la Bergakademie y posteriormente se dirigiría a Suecia a fin de visitar fun-

diciones de cañones de hierro. Ambos viajes se desarrollaron entre 1778 y 1782 y fueron suspendidos por la Secretaría de Marina a comienzos de 1783, en vista de los escasos resultados que habían aportado.

A finales del reinado de Carlos III se puso en marcha otra importante misión, cuyos protagonistas volvieron a ser dos oficiales de artillería: los capitanes Tomás de Morla y Jorge Guillelmi. La etapa más interesante transcurrió por Gran Bretaña, durante la primavera y el verano de 1789. La información tecnológica que fueron recogiendo fue bastante miscelánea y un tanto superficial, salvo en lo tocante a la industria siderúrgica, de cuyos progresos dejó cumplida constancia Morla en sus *Apuntes autógrafos*, particularmente por lo que se refería a las aplicaciones del carbón mineral y de las máquinas de vapor, así como sobre el nuevo procedimiento de pudelado y laminación de H. Cort. Sin embargo, tampoco tuvo consecuencias inmediatas, a nivel práctico, en la industria española.



***1.8. «Plano y perfiles de los diques de carena construidos en el Arcenal de Cartagena [...] Delineado por Nicolás Berlingero**, Primer Piloto de la Real Armada, en el Departamento de Cartagena y encargado de la Sala de Dibujo en la Escuela de navegación». Diseñados por Jorge Juan, con Antonio de Ulloa el más ilustre espía dieciochesco español, responsable de la concepción del conjunto de Reales Arsenales impulsados por el marqués de la Ensenada; fue el auténtico renovador de la construcción naval hispana. Los diques secos cartageneros son los primeros en el Mediterráneo, mar "sin mareas". Su construcción fue responsabilidad del destacado ingeniero militar Sebastián de Feringán (Museo Naval de Madrid, inv. P-4-7).*

Durante el reinado de Carlos IV prosiguieron los viajes de espionaje industrial, pero el estado casi permanente de guerra con Inglaterra impidió, con raras excepciones, que los españoles pudieran obtener información directa sobre la tecnología británica. La más importante de esas excepciones estuvo protagonizada por Agustín de Betancourt, quien en el curso de una rápida visita a Londres consiguió atisbar brevemente una de las máquinas de vapor que Boulton y Watt habían proporcionado a los Albion Mills, lo que le permitió deducir los principios de funcionamiento de las máquinas de doble efecto. Expuso sus conclusiones en la célebre memoria que presentó a la Academia de Ciencias de París en diciembre de 1789, y gracias a ello se pudo introducir en Francia la fabricación de esas máquinas sin tener que pagar *royalties* a los propietarios de la patente.

Pero lo más frecuente fue que los viajeros y pensionados españoles tratasen de asimilar de forma indirecta la tecnología británica, a través de la observación de sus aplicaciones en Francia. Así ocurrió, por ejemplo, con los métodos de coquización del carbón mineral, para poder emplearlo como combustible en los altos hornos. Tras los repetidos fracasos en la utilización del carbón asturiano en los altos hornos de la fundición de Trubia, y ante la imposibilidad de aprender su tecnología en Inglaterra, el director de dicha fábrica, Francisco Datolí, se trasladó en 1800 a la fundición francesa de Le Creusot, que había sido establecida por técnicos británicos quince años antes.

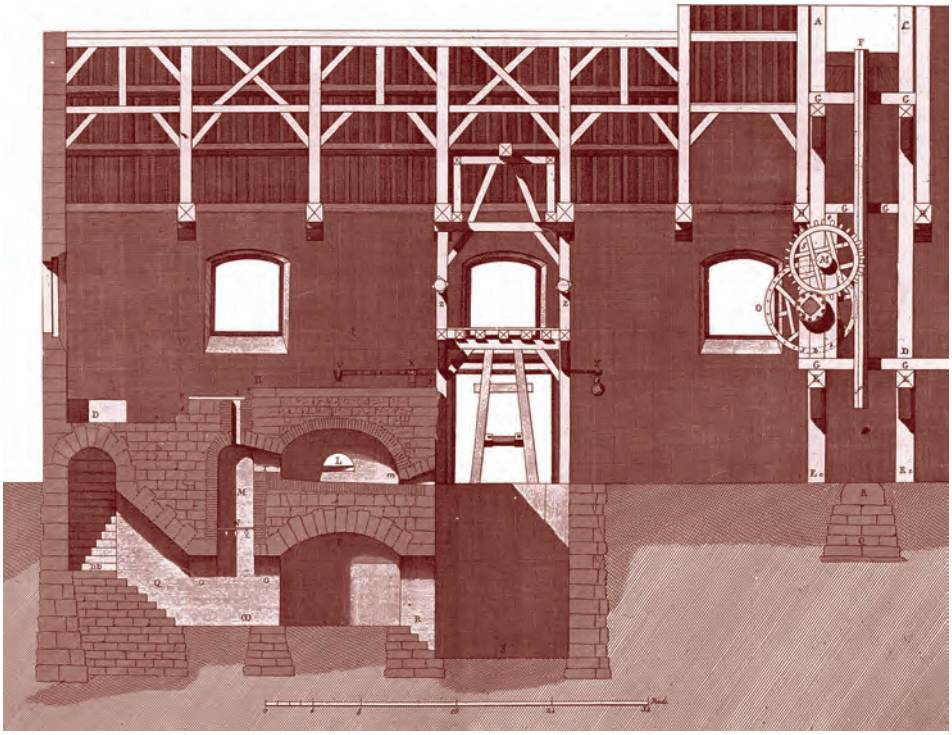
IV

Los resultados: un primer balance de las transferencias de tecnología en el sector público

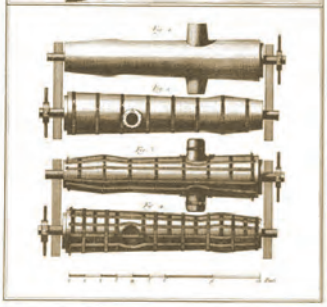
En la España de finales del siglo XVIII el sector público fue el principal demandante de tecnología extranjera; las iniciativas privadas fueron mucho más escasas, aunque posiblemente más eficaces. El predominio de la iniciativa pública determinó que el Estado impusiera sus prioridades con respecto a qué sectores productivos necesitaban con mayor urgencia el cambio tecnológico. No es de extrañar, por tanto, que fuesen las industrias públicas y semipúblicas, así como las privadas privilegiadas (todas las cuales recibían la denominación genérica –y no meramente honorífica– de "Reales Fábricas"), las principales beneficiarias de la nuevas técnicas importadas del extranjero. El mayor esfuerzo de modernización se concentró en las industrias militares, lo cual, por otra parte, es muy coherente con las verdaderas prioridades de los gobiernos ilustrados de Carlos III, tal como fueron realmente expresadas a través de la distribución del gasto público, pues, como han demostrado J. A. Barbier y H. S. Klein, la Marina y el Ejército absorbieron en torno al 60 % del presupuesto estatal, a lo largo de todo el reinado.

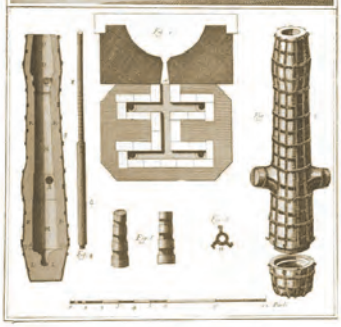
La construcción naval fue el sector en el que se centró con mayor intensidad el esfuerzo de renovación tecnológica durante la segunda mitad del siglo XVIII. El punto

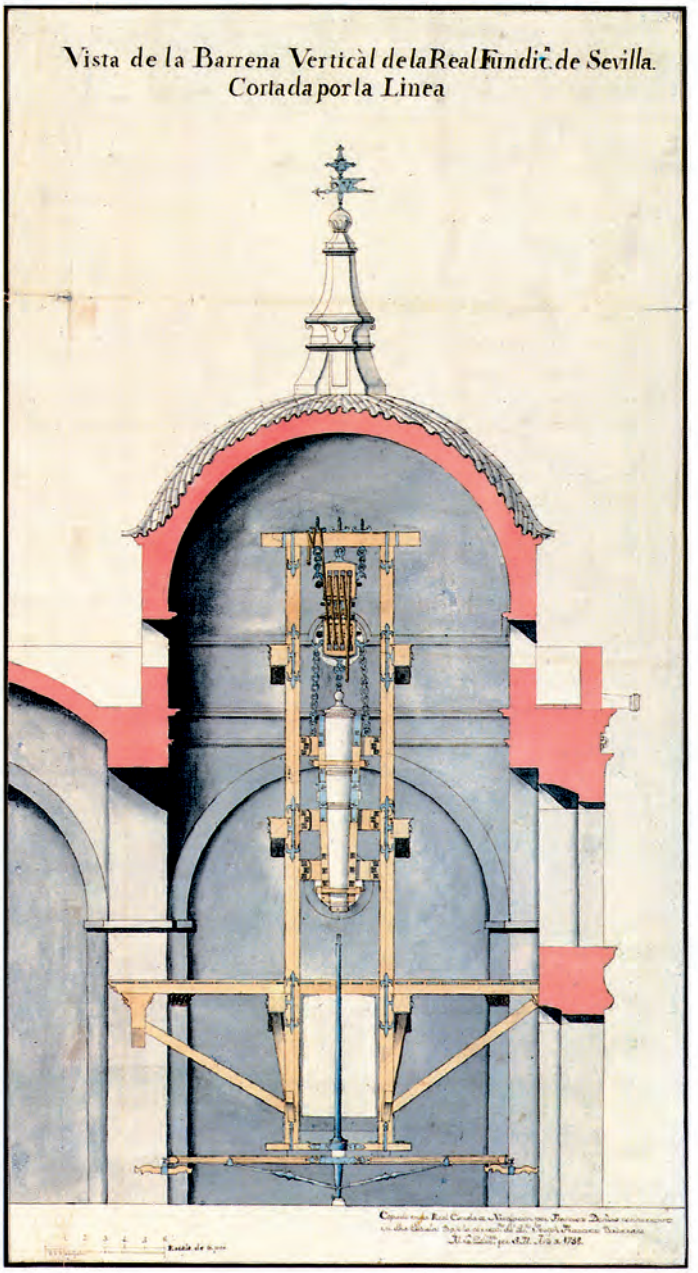
de partida, como ya sabemos, fueron los viajes de espionaje industrial de Jorge Juan y Antonio de Ulloa. Durante su accidentada estancia en Londres, Jorge Juan consiguió reclutar a unos ochenta técnicos británicos, algunos de primera fila –como R. Rooth, E. Bryant, M. Mullan, D. Howell y A. Hill–, que fueron puestos al frente de los grandes Arsenales de la Marina –El Ferrol, Cartagena, La Carraca y Guarnizo–. Bajo la coordinación del propio Jorge Juan, contribuyeron decisivamente a implantar la llamada "construcción inglesa", a la que se ciñeron los buques de guerra españoles durante las dos décadas siguientes. Por su parte, Antonio de Ulloa, a raíz de su largo periplo por los más importantes arsenales europeos, dio a conocer en España nuevas técnicas como los diques de carenar en seco, o el empleo de grandes grúas y otras "máquinas de fuerza" para facilitar los trabajos en los astilleros. Mucho más adelante, ya a fines de la década de 1760, el gobierno consiguió hacer venir a España a F. Gautier, el ingeniero jefe de la Marina francesa, para que introdujera las técnicas de la denominada "construcción francesa", lo que trajo consigo un considerable aumento del tamaño de los navíos. Todas estas innovaciones, unidas a otras de menor entidad aunque también significativas –como, por ejemplo, la práctica de revestir exteriormente los cascos de los navíos con planchas de cobre, que se empezó a aplicar a mediados de la década de 1780, con



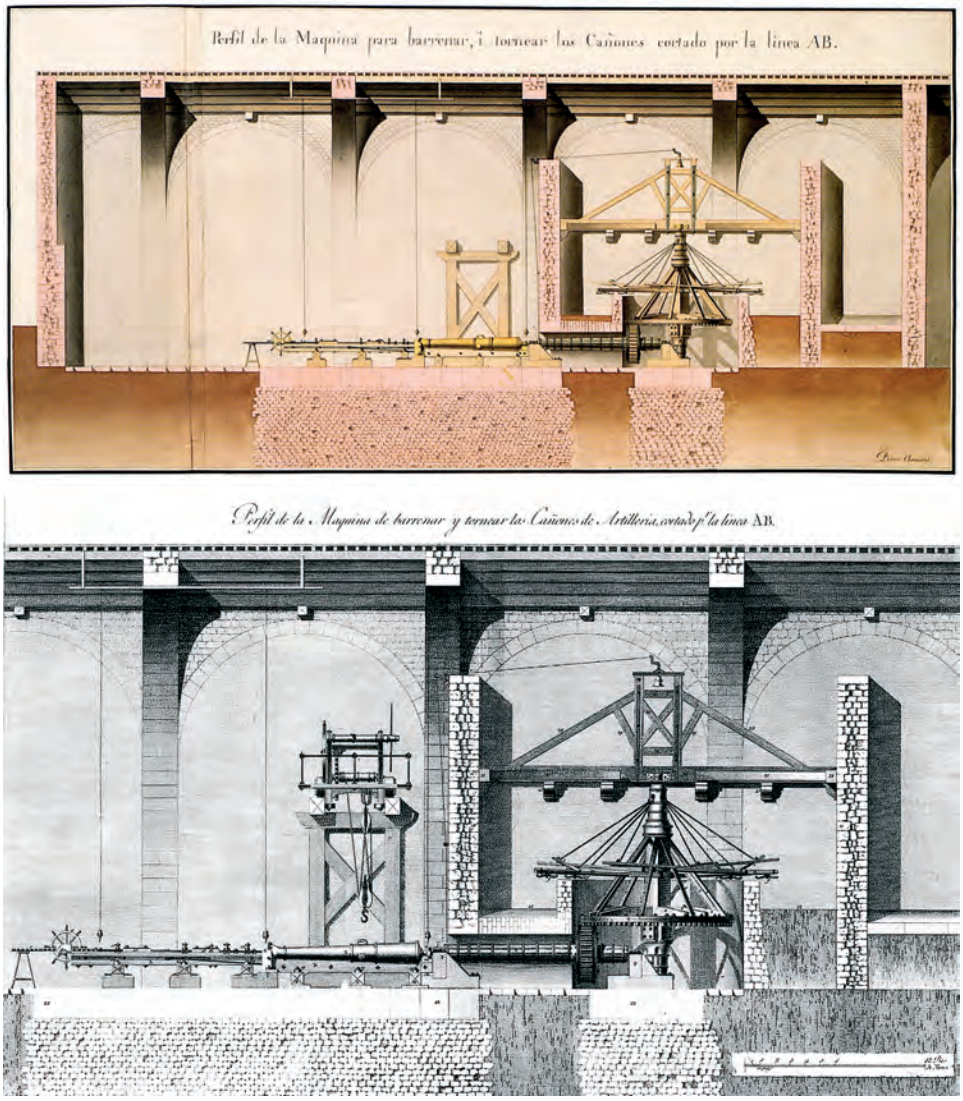
1.9. Horno de reverbero de una fundición de cañones de bronce *(ilustración de la* Encyclopédie *de Diderot y D'Alembert, 1762-1772).*







1.10. Principales fases del proceso de fundición en hueco: *1) Elaboración y secado de los moldes, y colado del metal fundido (ilustraciones de la* Encyclopédie *de Diderot y D'Alembert, 1762-1772); 2) Alisado del ánima de los cañones mediante barrena vertical en la Real Fundición de Sevilla (copia por Francisco Denia, Real Escuela de Navegación, 1758; Museo Naval de Madrid, Artillería-25).*

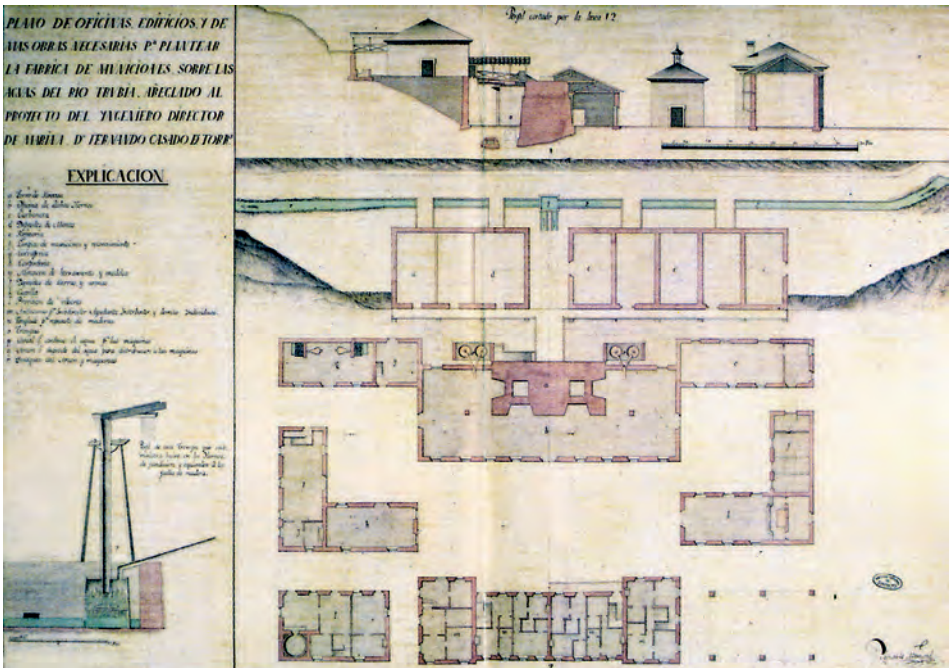


1.11. Plano de la nueva barrena horizontal de la fundición de Barcelona, construida por Jean Maritz *(dibujo de Pedro Chenard, 1766-1767, Servicio Geográfico del Ejército, Madrid, Atlas 111), y lámina que la reproduce, complemento al* Tratado de Artillería *de Tomás de Morla (texto de 1786, láminas publicadas en un tomo por la Imprenta Real, Madrid, 1803). Las barrenas eran elemento esencial en las nuevas fundiciones en sólido, procedimiento que viene a sustituir a las fundiciones en hueco. Conceptualmente más simple, la innovación consistía en fundir en un solo bloque el cañón y proceder a continuación a barrenarlo para obtener el ánima. Con ello se conseguía que el cañón y su ánima fueran concéntricos, lo que facilitaba el acierto del disparo. Entre el dibujo superior y la lámina grabada se observa en el segundo la adición de llamadas numerales explicativas (lo que se justifica por su objetivo docente), y una definición de la grúa pórtico para manejar los cañones, así como la corrección de algunos errores menores de perspectiva y la presencia de una escala (en pies de París).*

objeto de protegerlos de la broma y de aumentar su velocidad–, convirtieron a la Armada española de finales del siglo XVIII en la tercera flota europea por número de efectivos, y en una de las más modernas por las técnicas que empleaba.

El otro gran sector de las industrias públicas militares que se esforzó en modernizar su tecnología fue el de las fábricas de artillería, pero los resultados prácticos fueron menos satisfactorios. El objetivo principal fue introducir el nuevo método de fundición y barrenado de cañones en sólido, que, como revelaron los informes de los espías industriales de la época de Ensenada, ya se había generalizado en los grandes centros artilleros europeos a mediados de siglo. El primer intento de introducirlo en España tuvo por escenario la fábrica de cañones de bronce de Sevilla entre 1757 y 1760. Fue protagonizado por un grupo de fundidores franceses a cuyo frente figuraban los maestros Jean Drouet y François y Pierre Poitevin, que habían trabajado a las órdenes de Jean Maritz en las fábricas de cañones de Angoumois y Perigord. Pero no tuvo éxito, debido posiblemente a la mala calidad del cobre empleado, de procedencia americana, y a los deficientes procedimientos de afinación. Muy poco después, en 1761, los malos resultados de una prueba de cañones de hierro de La Cavada decidieron al secretario de Guerra, Ricardo Wall, a tratar de introducir el nuevo procedimiento en las fábricas santanderinas. Para llevarlo a cabo designó a los oficiales José Manes y Francisco Estachería, que acababan de regresar de su dilatado viaje de espionaje industrial, y a los hermanos Poitevin, los técnicos franceses que habían fracasado en Sevilla. Hasta mediados de 1762 se trabajó intensamente en este empeño, pero también se saldó con un rotundo fracaso, debido a la falta de experiencia práctica de los dos oficiales y a su mal entendimiento con los Poitevin. Entre 1760 y 1765 el maestro austriaco Zacarias Dietrich hizo algunos nuevos intentos en las fundiciones de Barcelona y Sevilla, pero tampoco tuvo éxito.

Toda esta serie de fracasos indujo en 1765 al nuevo secretario de Guerra, marqués de Esquilache, a tratar de que viniese a España a toda costa Jean Maritz, para que fuese el propio hijo del inventor del procedimiento de fundición en sólido quien se encargase personalmente de implantarlo en nuestras fábricas de cañones. Se emprendieron negociaciones al más alto nivel, en las que llegaron a intervenir los secretarios de Estado de Francia y España, duque de Choiseul y marqués de Grimaldi. Por fin, en abril de 1766 llegó Maritz a Barcelona en compañía de 21 metalúrgicos franceses, y en poco más de un año consiguió dotar a la fundición de artillería de bronce de esa ciudad de las instalaciones necesarias para fabricar cañones según el nuevo método. En agosto de 1767 se pudieron efectuar las primeras pruebas de comparación entre cañones fundidos en la misma fábrica en hueco y en sólido, y el resultado fue claramente favorable para estos últimos. A continuación, Maritz se trasladó a la fundición de bronce de Sevilla, donde en los seis años siguientes no sólo consiguió establecer también el nuevo método, sino que además amplió y renovó su estructura productiva hasta el punto de convertirla en una de las más modernas de Europa en su género. En junio de 1774, en presencia del propio rey Carlos III y de las principales autorida-

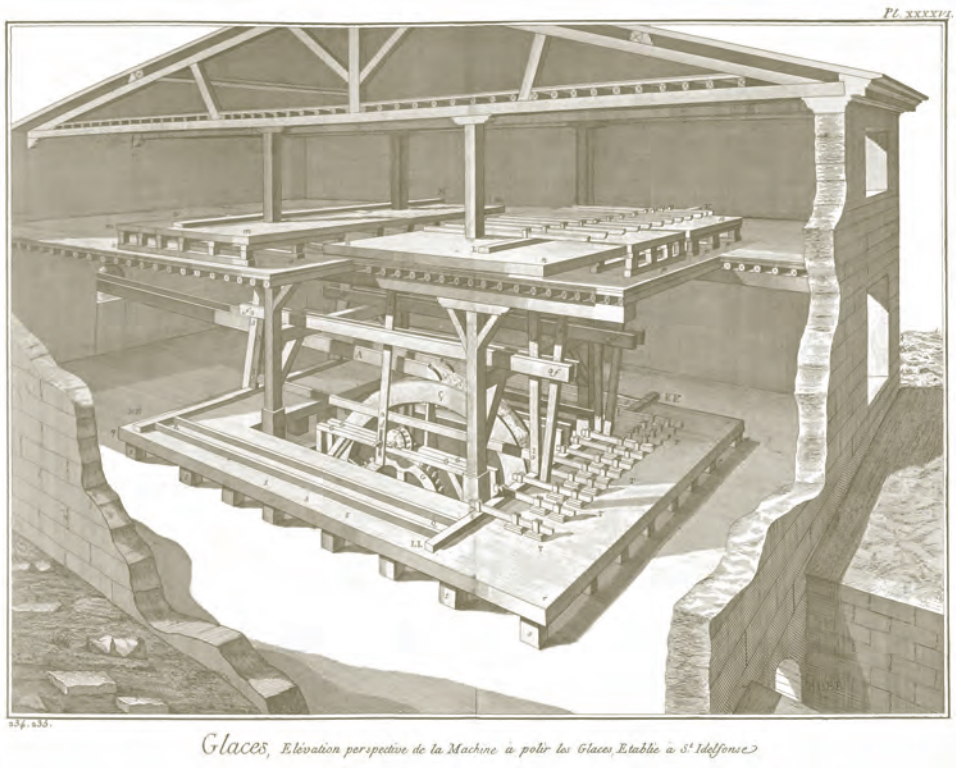


1.12. La fábrica de municiones de Trubia (Asturias). *Proyectada por el ingeniero de marina Fernando Casado de Torres, representó el más importante y sistemático esfuerzo que se hizo en la España de finales del siglo XVIII para introducir el carbón mineral como combustible de los altos hornos siderúrgicos, pero no tuvo éxito hasta casi medio siglo después. Obsérvese el empleo del sistema de trompas para inyectar aire en los altos hornos mediante el efecto Venturi (AGS, M. P. y D. XXXV-14).*

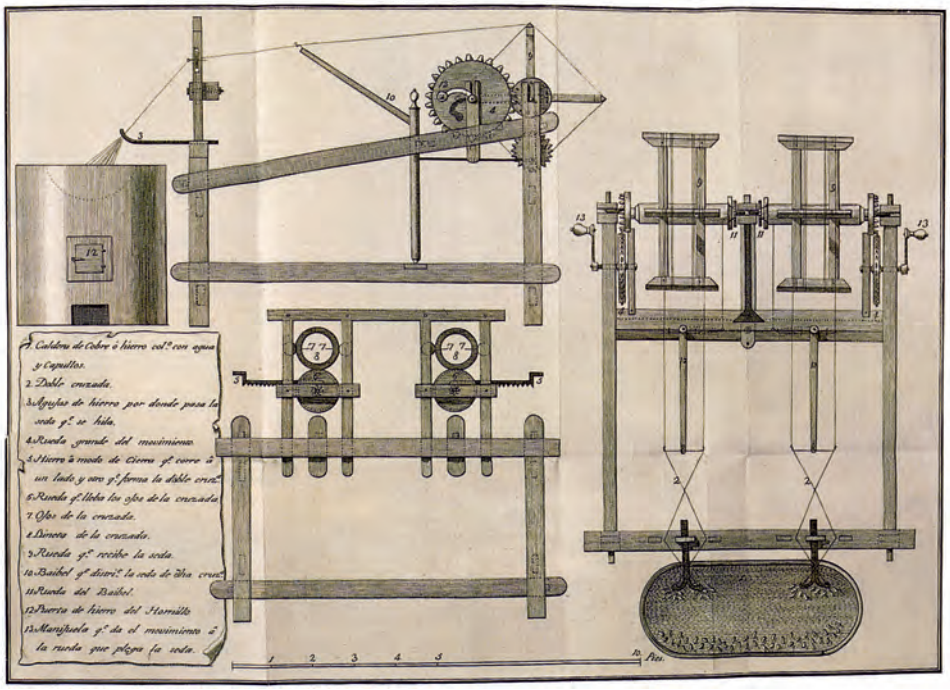
des militares, tuvo lugar en Ocaña una gran prueba de comparación de cañones, cuyos buenos resultados supusieron la implantación definitiva de la fundición en sólido en todas las fábricas españolas de artillería de bronce.

En cambio, no se consiguió ese objetivo en las fábricas de cañones de hierro colado. Tras el fracaso inicial de Manes y Estachería, Francisco Richters, fundidor principal de La Cavada y Liérganes, realizó otro intento en 1763, en colaboración con cinco técnicos metalúrgicos franceses. Como los resultados fueron relativamente satisfactorios, tras producirse ese mismo año la estatalización de ambos establecimientos siderúrgicos, se decidió implantar oficialmente en ellos el nuevo método. Pero fue un cambio tecnológico muy efímero. A raíz de una explosión accidental acaecida en El Ferrol en 1771, se decidió someter a pruebas de ordenanza todos los cañones de hierro fundidos en sólido en las fábricas santanderinas desde 1764, o sea, desde la fecha en que se había cambiado el procedimiento. Los resultados fueron verdaderamente catastróficos: de un total de 1.407 cañones sometidos a prueba, fueron rechazados 1.155, es decir, el 82 %. Un fracaso tan espectacular obligó a la Marina –cliente principal y casi exclusivo de dichas fábricas– a efectuar masivas importaciones de artillería británica, procedentes del gran establecimiento siderúrgico escocés

de Carron. Pero a medio plazo resultaba insostenible depender del abastecimiento exterior en un producto de tanto valor estratégico, máxime cuando ya se veía venir un enfrentamiento bélico con Inglaterra, con ocasión de la independencia de los Estados Unidos. En 1781 las fábricas de La Cavada y Liérganes pasaron a estar bajo la jurisdicción de la Secretaría de Marina y dos años después, en vista de que la resistencia de los cañones en sólido no había mejorado, se decidió reimplantar oficialmente en dichas fábricas el antiguo procedimiento de fundición en hueco. Esta verdadera involución tecnológica, sin parangón en Europa, se produjo justamente cuando se recrudecían los enfrentamientos navales con Inglaterra. Además, los establecimientos siderúrgicos militares también fracasaron en el intento de utilizar el carbón mineral como combustible de sus altos hornos. Tampoco se consiguió introducir la fabricación de "carronadas" –el tipo de cañón de hierro, corto y de gran calibre, que se producía en Carron–, a pesar de que muy tempranamente se tuvo conocimiento en España de dicha invención. Todo ello contribuyó a situar a nuestra artillería de Marina en una posición de neta inferioridad técnica con respecto a la británica, como pronto se pondría de manifiesto en los combates navales del cabo de San Vicente y Trafalgar.



1.13. Perspectiva de la máquina hidráulica para pulir vidrio construida por J. Dowling *en la Real Fábrica de San Ildefonso. Ilustración procedente de la* Encyclopédie *de Diderot y D'Alembert.*



1.14. Torno de hilar seda tipo Vaucanson, *introducido por J. Lapayese en Vinalesa.*

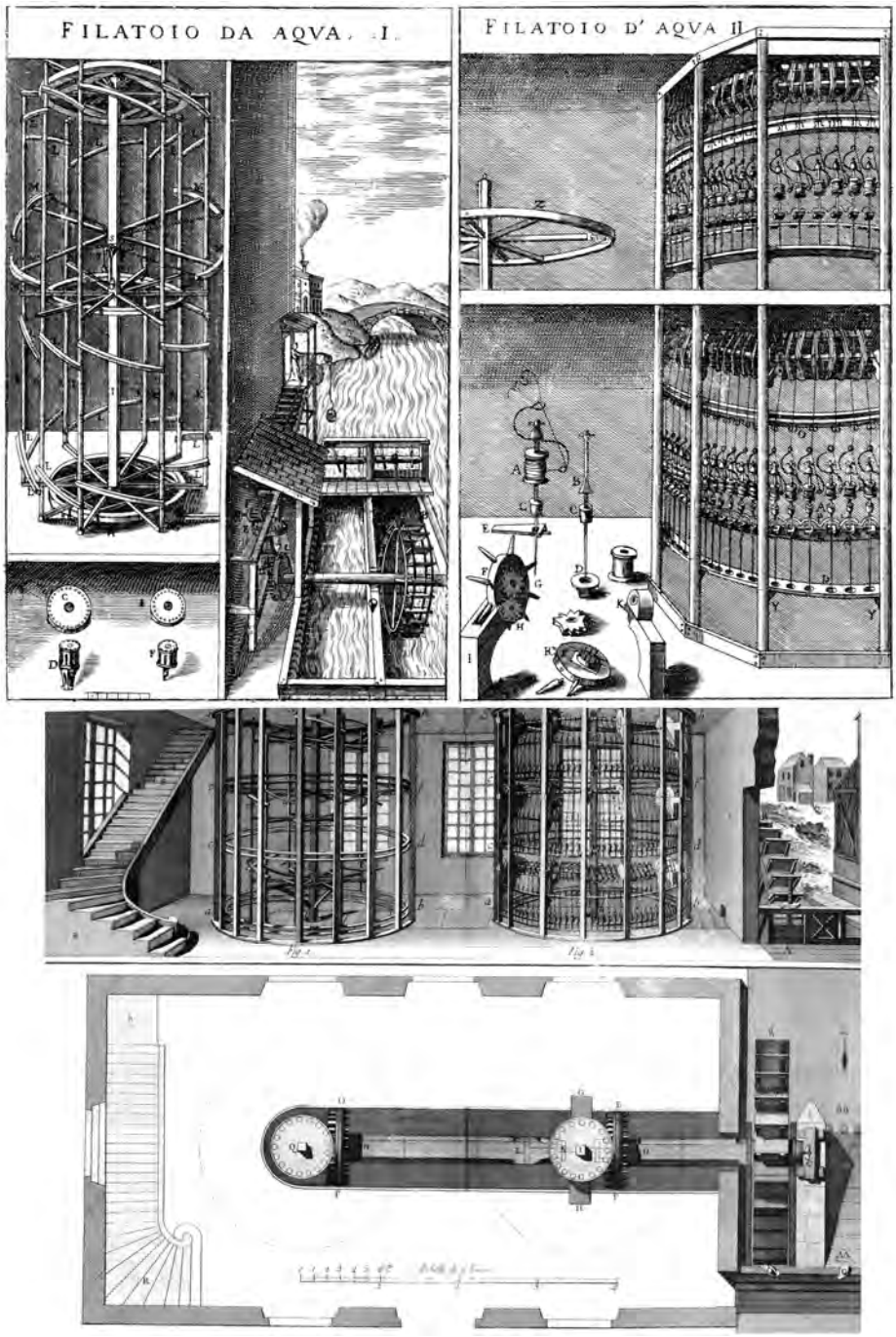
Las reales fábricas no militares, como ya hemos dicho, también se beneficiaron de un importante flujo de tecnología extranjera, pero los resultados no fueron muy duraderos, en términos de aclimatación de los nuevos procedimientos, y no se correspondieron ni de lejos con los objetivos propuestos ni con el esfuerzo desplegado. Posiblemente fue en las industrias suntuarias donde se obtuvieron los mejores logros, pues hay que admitir que en algunas de las más emblemáticas, como la de vidrios de San Ildefonso, la de porcelanas del Buen Retiro o la de tapices de Santa Bárbara, se consiguió un nivel de calidad muy elevado, equiparable al de las más renombradas manufacturas extranjeras. Pero la calidad de sus productos dependía principalmente de la destreza manual de los artesanos, en su mayoría extranjeros, por lo que apenas estaban mecanizadas. No obstante, hay que destacar que la única muestra de la tecnología española del siglo XVIII que recogía *L'Encyclopédie* de Diderot y D'Alembert era una máquina hidráulica que se empleaba para pulimentar vidrio en la Real Fábrica de San Ildefonso y hacía el trabajo de 64 obreros.

Las industrias textiles, que constituían el bloque más importante de las reales fábricas, y sobre las que se basó la política de sustitución de importaciones emprendida por el reformismo ilustrado, presentan un balance mucho más irregular en lo que se refiere a la introducción de nuevas técnicas. En el caso de las industrias laneras –el subsector textil más destacado, con gran diferencia–, fueron mucho más numerosas las innova-

ciones en el producto que en el proceso. Dicho más claramente: en las reales fábricas pañeras se trató, sobre todo, de reproducir una amplia gama de tejidos importados –ratinas, castorcillos, casimiras, camelotes, franelas, etc.– recurriendo a contratar a grupos de trabajadores de los países de origen de cada tipo de paños. En cambio, apenas se registraron cambios en los procesos productivos: en la fase de la hilatura, el torno empezó a sustituir al huso y a la rueca; en la del tejido, apenas tuvo difusión la lanzadera volante, que fue dada a conocer por Antonio de Ulloa hacia 1750; y en las del teñido y acabado, no hubo novedades dignas de mención. La industria sedera sí que experimentó cambios técnicos notables en sus procesos productivos. A partir de mediados del siglo, empezaron a introducirse los grandes tornos de hilar a la piamontesa, pero apenas tuvo difusión tan costoso procedimiento, fuera de las reales fábricas de Talavera y Murcia. En cambio, a finales de siglo se difundieron con rapidez los nuevos tornos de Vaucanson, especialmente a partir de la publicación de la obra *Arte de hilar, devanar, doblar y torcer las sedas según el método de Mr. Vaucanson* (1779), de J. Lapayese –quien diez años antes había empezado a usar la nueva máquina en su fábrica de Vinalesa (Valencia)–, y de la distribución –organizada oficialmente por la Junta de Comercio– de 1.500 tornos capturados a un convoy británico hacia 1783, según A. Calvo.

Por el contrario, las técnicas de elaboración de lienzos se mantuvieron en un estadio artesanal, a pesar de que este género de tejidos constituía una parte sustancial de las importaciones textiles. Ello se explica, en buena medida, por el fracaso de los dos intentos estatales, a partir de mediados del siglo XVIII, de implantar una industria de lienzos de calidad, con las fallidas reales fábricas de León y de San Ildefonso. La lencería siguió siendo una manufactura doméstica rural, con amplio arraigo en algunas regiones, como Galicia. Sólo a finales de siglo empezó, tímidamente, la mecanización de las primeras fases del proceso productivo, con el empleo de la máquina de agramar, a cuya difusión contribuyó la publicación del tratado de Salvá y Sanponts, dos importantes representantes de la Ilustración técnica catalana.

Pero donde mejor se pone de manifiesto el fracaso económico y empresarial de las innovaciones técnicas promovidas por el reformismo ilustrado, es en el caso de la única industria pública de hilados y tejidos de algodón: la Real Fábrica de Ávila. A finales de la década de 1780, cuando ya estaba firmemente arraigada en Cataluña una pujante manufactura algodonera, el conde de Aranda trabó contacto en París con el técnico británico J. Milne, quien había difundido en Francia una versión mejorada de la *water-frame* de Arkwrigth. Lo puso en conocimiento del secretario de Estado, conde de Floridablanca, añadiendo que sería muy ventajoso introducir esa máquina en España. Con tal fin fue autorizado a negociar con Milne y con otros algodoneros británicos radicados en Francia. Las negociaciones fueron proseguidas en 1788 por el nuevo embajador, conde de Fernán Núñez, y concluyeron con la firma de un contrato por el que vinieron a España T. Milne (hijo de J. Milne) y J. Berry, con el fin de establecer una gran fábrica concentrada de hilados y tejidos de algodón, dotada de la maquinaria más avanzada.



1.15. Molinos de seda a la piamontesa: *muy probablemente fueron las máquinas preindustriales de mayor tamaño y complejidad. Surgieron en el Norte de Italia y alcanzaron su máximo desarrollo en la ciudad de Bolonia, en el siglo XVII. En España se introdujeron muy tardíamente, a partir de mediados del siglo XVIII, en las reales fábricas de seda de Talavera y Murcia, pero tuvieron poco éxito frente al torno de Vaucanson, que era mucho más sencillo y menos costoso: 1) Dos láminas del* Novo Teatro di Machine et Edificii *(1607) de Vittorio Zonca, "Teatro de Máquinas" renacentista tardío, singularmente interesante por la verosimilitud de las realizaciones expuestas; 2) Ilustración de la* Encyclopédie *de Diderot y D'Alembert.*

1.16. Real Fábrica de Algodón de Ávila: *1) Batán y taller de tintes; 2) Muestras de estampados de algodón (AGS, M. P. y D., XXXII-3). Esta fábrica llegó a ser gestionada por Agustín de Betancourt entre 1799 y 1807.*

Se decidió instalar la fábrica en la ciudad de Ávila, un antiguo núcleo pañero en decadencia, y rápidamente se emprendió la construcción y acondicionamiento de los edificios. Las obras se prolongaron hasta finales de 1791, y mientras tanto se procedió a la adquisición de la maquinaria. En 1792, cuando la fábrica empezó a funcionar con normalidad, ya se habían invertido más de 3,5 millones de reales. El sector productivo más potente –y el único que estaba mecanizado– era el de cardado e hilado, que en 1796 disponía de 135 máquinas movidas por energía hidráulica, 58 de las cuales eran hiladoras del tipo *water-frame* y tenían 3.500 husos. Pese a contar con una tecnología más moderna que la de las hilaturas catalanas, la fábrica de Ávila resultó un completo fracaso económico, como consecuencia de la escasa cualificación de su muy inflada plantilla laboral –más de 800 trabajadores–, de su baja productividad y elevados costes de producción, y de la mala calidad de los géneros obtenidos, lo que dificultó extraordinariamente la salida comercial de sus productos. La situación llegó a ser tan insostenible que en 1799 el Estado decidió desprenderse de la fábrica, cuando ya había gastado en ella 12,7 millones de reales.

V

Un caso ejemplar: la introducción de la máquina de vapor

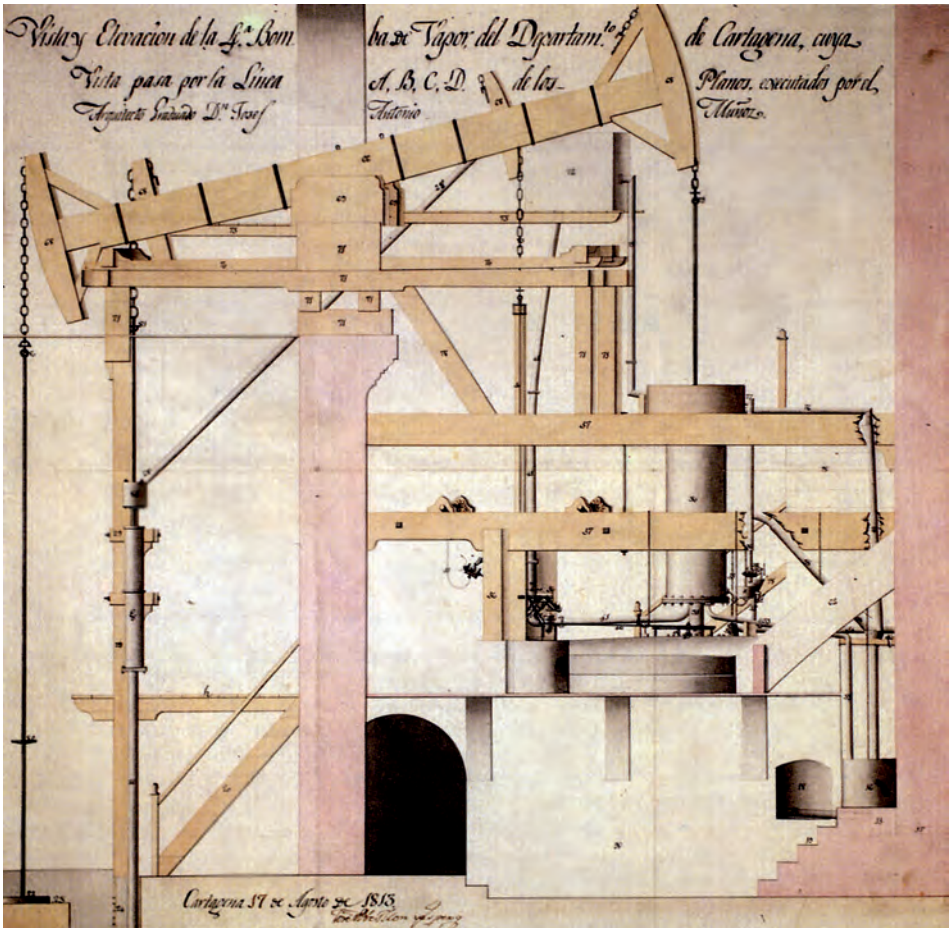
La importación de maquinaria extranjera es probablemente hoy en día el procedimiento más común para adquirir nueva tecnología. No era así, sin embargo, en el siglo XVIII, porque en una época en la que predominaba el aprendizaje por el uso, el manejo de nuevas máquinas requería conocimientos y habilidades previos, sin los cuales se corría el riesgo de que tuviera que transcurrir bastante tiempo antes de que resultasen realmente operativas. Por ello no es de extrañar que fuese relativamente infrecuente recurrir a dicho procedimiento, salvo en el caso de que la maquinaria viniese acompañada de mano de obra especializada, para adiestrar en su funcionamiento a los trabajadores. Se registró, no obstante, una importante excepción que ilustra muy bien sobre las dificultades que plantea la adquisición maquinaria avanzada cuando se carece de técnicos autóctonos para mantenerla: se trata de la máquina de vapor.

El primer intento de introducción de la máquina de Newcomen en España fue muy temprano: tuvo lugar apenas diez años después de que empezara a funcionar la primera de este tipo en Duddley Castle (Staffordshire), pero pasó desapercibido para los contemporáneos. En 1722 el ingeniero británico Richard Jones presentó al Ayuntamiento de Toledo una propuesta para hacerse cargo del abastecimiento de agua a la ciudad, lo que requeriría la construcción de un artificio, de características no especificadas, para elevarla desde el río Tajo hasta casi cien metros de altura. Se firmó un contrato que fue refrendado por el Consejo de Castilla, y Jones regresó a Inglaterra para disponer todo lo necesario para la puesta en marcha del proyecto. Allí constituyó una compañía, y con los capitales aportados por sus socios adquirió diversos materiales y equipamiento, entre el que figuraba al menos una máquina de vapor de tipo Newcomen. En 1725 regresó a Toledo en compañía de diez técnicos con los que emprendió los primeros trabajos, en las proximidades de los restos del famoso ingenio que Juanelo Turriano erigió en el siglo XVI con el mismo objeto. Entretanto, fueron llegando las remesas de materiales procedentes de Inglaterra, con un peso de más de 6.000 quintales. Las obras avanzaban con lentitud por falta de dinero, de forma que en 1727, ante el impago de sus salarios, los técnicos británicos empezaron a regresar a su país. Carente de capitales y de mano de obra especializada, la empresa tenía ya muy malas perspectivas, cuando en octubre de ese mismo año falleció inesperadamente Richard Jones, y ya no se pudo seguir adelante. El proyecto se dio por cancelado a mediados de 1728, cuando el Ayuntamiento de Toledo decidió embargar las pertenencias de la empresa y ponerlas bajo custodia. Así permanecieron durante casi cuarenta años, hasta que en 1764 se hizo cargo de ellas el ingeniero francés Pierre Courton, para emprender una iniciativa muy similar a la de Jones. Pero tampoco pudo llevarse a cabo, a pesar de que en esta ocasión sí que parece que las máquinas llegaron a funcionar, y el Ayuntamiento volvió a depositarlas en un almacén. Finalmente, hacia 1790

algunas piezas de tubería fueron enviadas a Aranjuez para ser utilizadas en las conducciones de agua de los jardines del Real Sitio.

La máquina de Newcomen acabó aclimatándose en España, si bien tardíamente, a partir de la década de 1770, y en un sector bastante insólito: la construcción naval. De hecho, fue el único tipo de máquina de vapor que los técnicos españoles fueron capaces no sólo de hacer funcionar, sino también de construir. Las primeras noticias sobre ella las remitió Jorge Juan desde Londres en 1749, en el curso de su viaje de espionaje industrial. Al año siguiente envió una maqueta operativa, con destino a la Academia de Guardias Marinas de Cádiz. Durante las dos décadas siguientes, dicha maqueta se empleó como instrumento auxiliar de enseñanza en el laboratorio de Física. Pero a nadie se le ocurrió darle aplicación práctica, hasta que en 1769 el intendente del Departamento de Marina de Cartagena propuso tomarla como modelo para construir una máquina en grande, con la que creía que podría resolverse el problema del achique de agua en los diques de carenar en seco del Arsenal, trabajo muy penoso que hasta entonces se había venido haciendo con bombas manuales. Esta propuesta pasó a dictamen del propio Jorge Juan, quien, aunque no era muy partidario de la iniciativa, se mostró dispuesto a dirigir la construcción de dos de esas máquinas. En 1770, con la aprobación de la Secretaría de Marina, y bajo la supervisión directa de Jorge Juan, Diego Rostriaga, maestro instrumentario del Gabinete de Física de los Reales Estudios de San Isidro, emprendió la construcción de las piezas. Fue un proceso largo y complicado, pues Jorge Juan cayó gravemente enfermo y fue necesaria la colaboración de otro militar ilustrado, el teniente de navío Julián Sánchez Bort. Con su ayuda, en mayo de 1772 se pudo concluir la primera máquina, pero tuvo que transcurrir otro año de pruebas y ajustes, en tanto se hacían las piezas de la segunda, hasta que en mayo de 1773 se consideró que ya estaba todo listo para proceder a su traslado y montaje en Cartagena. Jorge Juan ya no pudo encargarse de supervisarlo, pues falleció en junio de ese mismo año, siendo Sánchez Bort quien lo llevó a cabo.

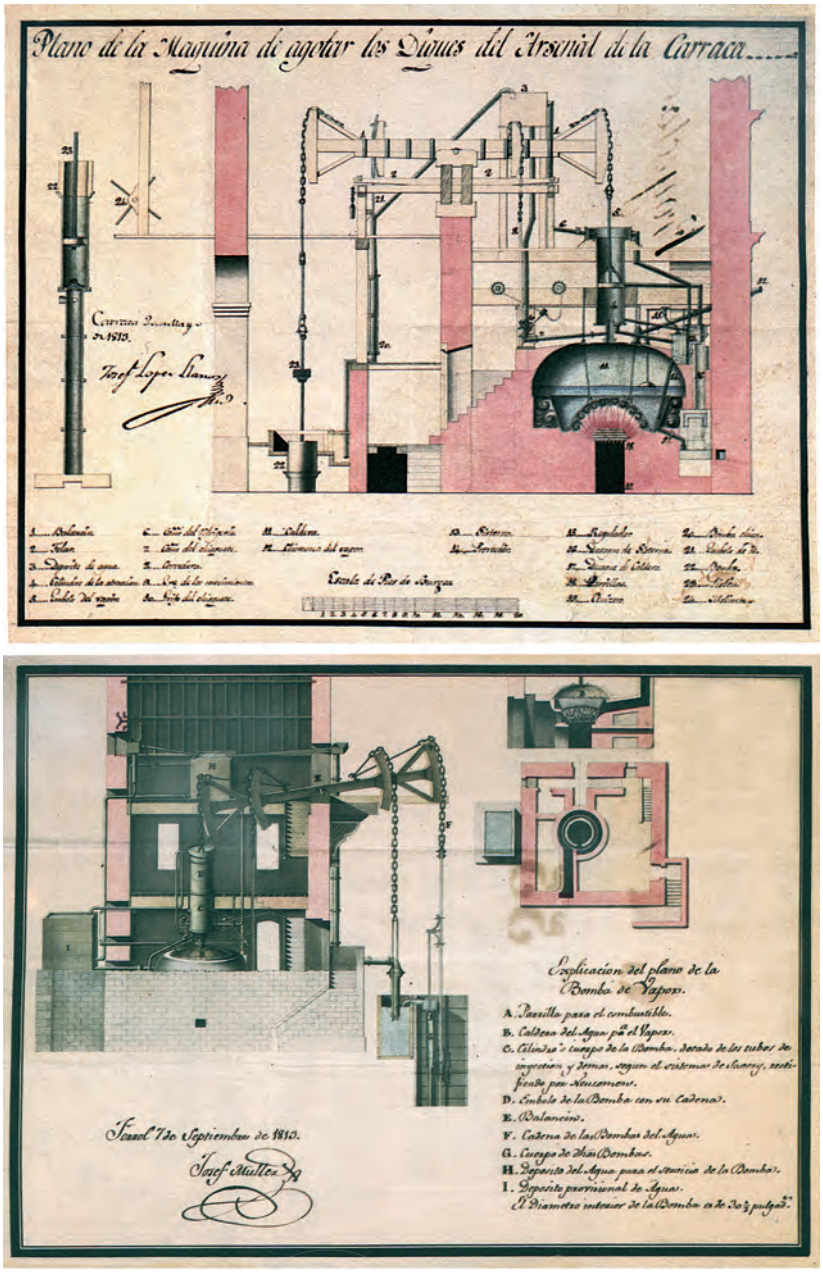
El 10 de noviembre de 1773 se puso oficialmente en marcha la primera máquina de vapor en el dique pequeño del arsenal de Cartagena. Según el testimonio de quienes presenciaron el acto, daba diez golpes por minuto y vaciaba el dique en 24 horas, haciendo el trabajo de 330 hombres y consumiendo como combustible cien quintales de astillas y madera de desecho. En febrero de 1774 empezó a funcionar la segunda máquina en el dique grande del arsenal. Era más potente, pues daba doce golpes por minuto, bombeando en cada uno de ellos diez pies cúbicos de agua. En los meses siguientes, Sánchez Bort instruyó a algunos operarios en el manejo de las máquinas de vapor, con el fin de asegurar su mantenimiento y reparación. En esas tareas mostró una especial habilidad Antonio Delgado, maestro mayor de bombas de apagar incendios en dicho Arsenal, hasta el punto de que en 1785, con ayuda de un sobrino suyo, construyó en Cartagena otras dos máquinas del mismo tipo, pero más perfeccionadas. A partir de entonces, los Delgado se convirtieron en los mayores expertos en la construcción de máquinas Newcomen en España, a pesar de que sus conocimientos



1.17. Detalle de la máquina de vapor de simple efecto instalada en el Real Arsenal de Cartagena. *Diseñada por Jorge Juan, construida esencialmente por Diego de Rostriaga e instalada por Julián Sánchez Bort, es la primera hispana que operó satisfactoriamente, en una aplicación no convencional en la época (la mayoría se dedicaban también a achicar agua, pero en las minas). Cartagena, 1813 (Museo Naval de Madrid, sign. PB-149).*

técnicos eran meramente empíricos. En los últimos años del siglo XVIII construyeron otras máquinas semejantes para los arsenales de El Ferrol y La Carraca, donde funcionaron durante largo tiempo. Pero, por lo que sabemos, sólo se aplicaron a trabajos de bombeo en los arsenales y no tuvieron ninguna difusión para usos civiles.

La primera máquina de vapor de Watt, de efecto simple y con condensador independiente, se conoció en España bastante tarde –no antes de 1787– y se aplicó mucho más tarde aún, cuando la máquina de doble efecto del mismo Watt, mucho más eficiente, ya la había sustituido por completo en Inglaterra, e incluso había empezado a introducirse en nuestro país. Una trayectoria tecnológica tan extraña tuvo por único



1.18. Máquinas de vapor en los arsenales de El Ferrol y La Carraca construidas por Antonio Delgado y su sobrino, *los maquinistas encargados inicialmente del mantenimiento de la primitiva cartagenera: 1)* Plano de la máquina de agotar los diques del Arsenal de la Carraca*, por Josef López Llanos, mayo de 1813; y 2)* Plano de la Bomba de Vapor*, Josef Muller, El Ferrol, septiembre de 1813 (Museo Naval de Madrid, signs. PB-155 y PB-154, respectivamente). [En este mismo volumen, la ilustración 3.17, dibujo de Agustín de Betancourt, representa la máquina de vapor diseñada tras su misión de espionaje industrial en Inglaterra; la 4.10 y 4.11 corresponden a la descripción de la anterior por Prony en su* Architecture Hidraulique*, base sobre la que Sanponts define la suya, ilustrada en 4.12 y 4.13; la ilustración 5.7 muestra la primera máquina de vapor (de efecto simple), instalada en las minas de Almadén.]*

escenario las minas de azogue de Almadén. En 1783, Tomás Pérez propuso sustituir los sistemas tradicionales de extracción de agua en aquellas minas por máquinas de vapor, cuya eficacia había tenido ocasión de comprobar durante su visita a la mina de carbón de Fresnes, en Francia. La propuesta no tuvo un efecto inmediato, pero en 1785 José de Gálvez, secretario de Indias y superintendente general de Azogues, decidió que el mismo Tomás Pérez marchase a Inglaterra para gestionar la adquisición de tres máquinas de vapor con destino a Almadén. A comienzos de 1786 ya se encontraba Pérez en Londres, y allí trabó contacto con el gran empresario siderúrgico J. Wilkinson, consiguiendo visitar sus fábricas de Bersham y Broseley. En ellas vio funcionar por primera vez las nuevas máquinas de efecto simple y condensador independiente, patentadas por Watt en 1769 y cuya fabricación se había iniciado en 1775.

Pérez se dio cuenta inmediatamente de las ventajas que presentaba este tipo de máquinas con respecto a las de Newcomen, y en abril de 1786 remitió a Gálvez una memoria en la que, tras hacer un análisis comparativo de las respectivas características técnicas, se decantaba por la más moderna y proponía que fuesen ésas las que se compraran para Almadén. Su propuesta fue aprobada, pero lo extraño del caso es que Pérez no encargó su construcción a Boulton y Watt, sino a Wilkinson. En realidad, la oferta partió del propio Wilkinson, que hasta 1795 construyó ilegalmente cerca de treinta máquinas "piratas", tanto para emplearlas en sus fábricas –unas 19– como para venderlas en Inglaterra y en el extranjero. Tres de ellas fueron las que encargó Pérez para Almadén, con lo que el Estado español se convirtió involuntariamente en el principal cliente extranjero de tan ilegal actividad. Por añadidura, ello trajo consigo dos inconvenientes muy importantes: su tecnología ya estaba anticuada –cosa que ignoraba Tomás Pérez–, puesto que desde 1784 Boulton y Watt ya habían empezado a producir en su factoría de Soho la nueva máquina de doble efecto, que era técnicamente muy superior; y Wilkinson, a diferencia de lo que solían hacer Boulton y Watt, no ofrecía ningún servicio de asistencia técnica para la instalación y el montaje, lo cual retrasó enormemente la puesta en marcha de la única máquina de vapor que llegó a funcionar en Almadén.

Las tres máquinas mencionadas –cuyos cilindros medían 50, 38 y 26 pulgadas inglesas de diámetro, respectivamente– fueron construidas por Wilkinson en su fundición galesa de Bersham durante los últimos meses de 1786, y su importe ascendió a 2.822 libras, 17 chelines y 4 peniques. Llegaron a Almadén entre mayo y junio de 1787, junto con 70 toneladas de carbón de Cardiff; el 4 de junio comenzaron oficialmente los trabajos de instalación de la primera de ellas, la más grande, en el Pozo de San Teodoro, pero debieron de efectuarse con extraordinaria lentitud, pues transcurrieron los meses y los años sin que se viese próxima su conclusión y sin que casi nadie pareciese preocuparse por el enorme retraso acumulado. Diego de Gardoqui fue el único ministro que mostró algún interés por este asunto. A mediados de 1793, en vista de que, después de seis años, ni siquiera se había concluido la instalación de la primera máquina, mientras que las otras dos permanecían almacenadas, ordenó que estas últi-

mas fuesen enviadas a Cádiz. No sabemos cuál fue su destino final, pero lo cierto es que sólo quedó en Almadén una de ellas. Es posible que esta máquina hubiera empezado por fin a funcionar a mediados de 1799, pero sólo en plan experimental. En la documentación contable de las minas siguieron figurando, de forma individualizada, los gastos de instalación de dicha máquina hasta junio de 1805, lo que induce a pensar que no fue sino hasta mediados de dicho año cuando comenzó a prestar servicio de forma continuada.

Por las fechas en que se puso en marcha en Almadén, esta máquina había dejado de ser una novedad tecnológica en España, puesto que ya habían empezado a llegar las nuevas de vapor de doble efecto, patentadas por Watt en 1782 y fabricadas a partir de 1784. De hecho, según Tann y Breckin, España fue el primer país importador de máquinas de Watt, tanto en número –siete entre los años 1789 y 1806– como en potencia energética –363 CV en total–, dándose además la circunstancia de que una de ellas, con 90 CV, fue la más potente de todas las que exportó la fábrica de Boulton y Watt entre 1775 y 1825.

La primera de las máquinas de doble efecto que se trajo a España es precisamente la que peor conocemos y la que plantea más interrogantes. Se trataba de una máquina de 55 CV, con un cilindro de 34 pulgadas inglesas de diámetro, cuyo importe ascendió a 2.500 libras. Fue encargada por Pascual Mensa y March, un comerciante radicado en el área gaditana que en 1789 visitó en Inglaterra los célebres Albion Mills, la primera gran fábrica de harinas a vapor. Mensa debió de quedar tan impresionado que proyectó establecer una empresa semejante, y marchó a Birmingham para entrevistarse con Boulton y Watt. Éstos, por su parte, se mostraron muy interesados por las posibilidades que parecía ofrecer el mercado español para sus negocios. Así, Mensa pasó de ser un simple empresario interesado en la adquisición de una máquina de vapor a convertirse en el representante de Boulton y Watt en España. No conocemos las condiciones concretas del acuerdo, pero los inventores británicos elaboraron expresamente para Mensa un detallado estudio de costes y de previsiones de beneficios para «a Fire Engine with its corresponding Mill to grind Wheat, the Plantification, Conclusion and Establishment in the Province of Andalusia in Spain»; y le entregaron una lista de precios de sus máquinas para el mercado español, que, según parece, es la única que hicieron para sus ventas en el extranjero. A su regreso, Mensa constituyó la empresa Simón Pla y Mensa y Compañía, que solicitó la concesión de un privilegio para introducir en España «las bombas de fuego, llamadas de doble inyección». Una real cédula de 25 de abril de 1790 se lo otorgó por un período de veinte años, con el carácter de monopolio exclusivo de importación, del que sólo quedarían eximidas las máquinas «que sean directamente para mi Real servicio».

Según Tann y Breckin, la máquina encargada por Mensa llegó a Cádiz, en fecha no precisada, pero los dos técnicos que la acompañaban para instalarla se encontraron con que la fábrica de harinas donde debía emplazarse aún no se había construido, así que, después de mucho tiempo de esperas y dilaciones, decidieron dejar aban-

donadas las piezas en el muelle de dicha ciudad y regresar a su país. Por otra parte, todo parece indicar que los privilegios concedidos a Simón Plá y Mensa y Compañía carecieron de efectividad, pues no se tiene noticia de que la empresa importara ninguna otra máquina de vapor.

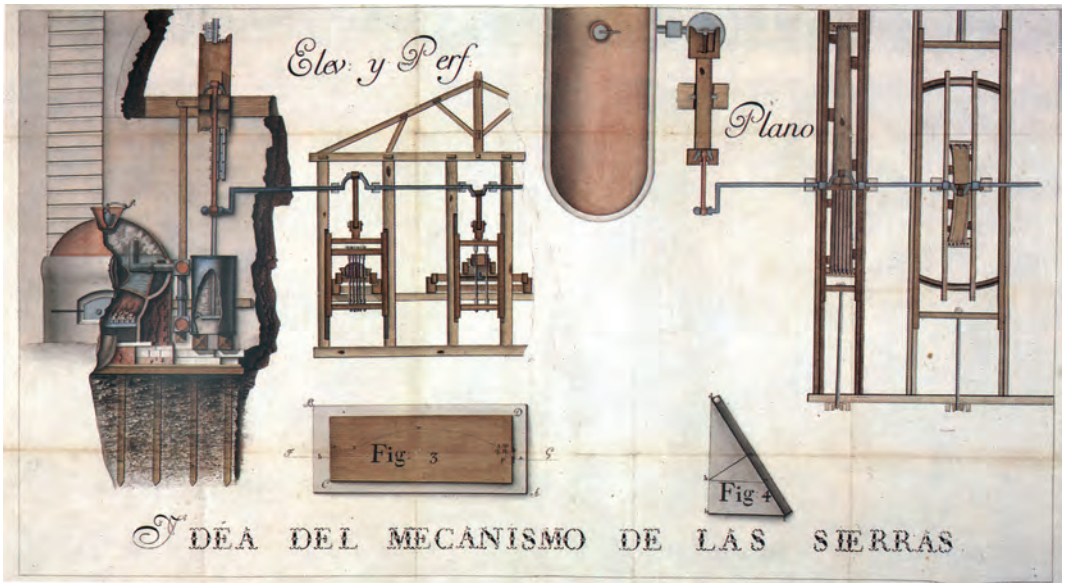
La segunda máquina de doble efecto que llegó a España estuvo relacionada con el que, según J. Alcalá-Zamora, fue «el mayor proyecto de mecánica industrial concebido en España hasta 1800»: la erección de un gran aserradero mecánico a vapor en el arsenal de La Carraca. Su principal artífice fue el ingeniero de Marina Fernando Casado de Torres, quien en 1788 fue enviado a dicho arsenal con el encargo de trazar los planos del equipamiento técnico del aserradero y calcular la energía necesaria para impulsarla, que debería ser suministrada por una máquina de vapor, dado que allí no era posible recurrir a la energía hidráulica –como en la célebre serrería del arsenal de La Habana– ni a la eólica –como se hacía en los astilleros holandeses–. El proyecto fue aprobado por la Secretaría de Marina, y a mediados de 1789 Casado fue a Inglaterra con la misión de encargar a Boulton y Watt la construcción de una gran máquina de vapor de características especiales: con un cilindro de sesenta pulgadas inglesas de diámetro y nueve pies de recorrido, un émbolo que daba quince golpes por minuto, y una potencia de noventa caballos fue, como queda dicho, la mayor de todas las fabricadas por Boulton y Watt para la exportación hasta 1825.

Casado llevó personalmente con J. Watt las negociaciones, que fueron largas y complicadas porque los propietarios de la patente, «fieros de su privilegio exclusivo» y basándose en las características especiales del encargo, exigían un precio exorbitante: más de 8.000 libras –el más alto, con gran diferencia, de todas las exportadas entre 1775 y 1825–; y por más que hizo Casado, no consiguió rebajarlo. Finalmente, en marzo de 1790 se firmo un contrato por el que Boulton y Watt se comprometían a construir «una bomba de fuego de doble inyección», de las características indicadas, en el plazo de un año, que sería enviada a España junto con un técnico experimentado «para que perfeccione, en el sitio en donde se hubiere de erigir, las piezas que tuviesen algo que retocar». Por su parte, Casado de Torres, en nombre de la Secretaría de Marina, se comprometía a abonar el importe exigido (8.412 libras, sin incluir los gastos de seguro y transporte) en dos plazos, así como a pagar al técnico instalador un salario de 25 chelines a la semana mientras permaneciese en España, más una gratificación final de 30 guineas en el caso de que concluyese su trabajo satisfactoriamente. Dicho técnico no podría ser empleado «en manufacturas prohibidas por las leyes de Inglaterra», sino sólo en tareas directamente relacionadas con la instalación.

La máquina llegó a La Carraca en junio de 1792, junto con el técnico Malcon Logan, encargado de su montaje e instalación. Logan se encontró con un panorama no muy diferente del que había sorprendido a los técnicos que vinieron a instalar la de Pascual Mensa: no se había construido el edificio que debía albergarla y todavía se estaban haciendo las piezas del mecanismo de sierras en las ferrerías de Vizcaya. J. Torrejón ha reconstruido las calamitosas vicisitudes por las que pasó este infortuna-

do proyecto. Cuando Casado de Torres llegó a Cádiz, en octubre de 1792, se encontró con que las obras del edificio estaban paralizadas porque habían cedido sus cimientos, debido a la falta de consistencia del terreno. Apenas pudo, pues, hacer otra cosa que tratar de preservar las piezas de la máquina, que ya habían empezado a deteriorarse por la humedad y las malas condiciones en que se habían almacenado. Así siguieron las cosas durante dos años, mientras Casado permaneció en Asturias poniendo en marcha las Reales Minas de Langreo. Hasta septiembre de 1794 no pudo regresar a Cádiz, y entonces se tomó la decisión de construir un nuevo edificio para la máquina de vapor, en otra ubicación que ofrecía mejores condiciones para la cimentación. Pero en julio de 1795, cuando las obras ya estaban bastante avanzadas, se produjo el robo de una importante cantidad de piezas de la máquina de vapor y del mecanismo de sierras, con lo que ambas quedaron incompletas y sin posibilidad de funcionar. A partir de entonces, la suerte estuvo echada, y aunque Casado y el técnico británico trataron de reponer las piezas sustraídas, ya no tuvieron margen para ello. A finales de 1796 Casado de Torres marchó de Cádiz para encargarse de la dirección de las fundiciones de La Cavada y Liérganes. Poco después fue despedido Malcon Logan, y en julio de 1798 hubo un nuevo robo de piezas que hizo ya irreversible la suspensión del proyecto.

Casado de Torres intervino también, aunque con mucho menor protagonismo, en otra iniciativa que trajo consigo la importación de otras dos máquinas de vapor, y que sin duda fue la más insensata de todas las que surgieron en torno a la nueva fuen-



1.19. Sierra movida por máquina de vapor, *diseñada por Fernando Casado de Torres (1788) para el Real Arsenal de La Carraca, Cádiz (Museo Naval de Madrid, sign. P-2E-19).*

te de energía. A comienzos de 1791, Casado trabó contacto en Madrid con Julián Martín de Retamosa, un alto funcionario de la Secretaría de Marina con influencia en la Corte, especialmente con el secretario de Hacienda, conde de Lerena. Casado debió de hablar a Retamosa de la gran máquina que se estaba construyendo para el arsenal de La Carraca, y ello dio pie a éste para concebir un plan delirante, que presentó a Lerena como una solución casi mágica para los graves problemas financieros de la Real Hacienda. Consistía en recurrir a las máquinas de vapor para explotar rápida e intensivamente los más ricos yacimientos de metales preciosos de América. Las expectativas de Retamosa eran tan fabulosas como carentes de base real: en seis años, y con una inversión de tan sólo 200.000 pesos, se podrían obtener unos cien millones de beneficios; pero consiguió convencer no sólo al conde de Lerena, sino también al propio rey Carlos IV, quien al parecer llegó a aprobarlo verbalmente en febrero de 1791.

Todo se puso en marcha con el mayor secreto, siendo encargado Casado de Torres de planificar los aspectos técnicos. Siguiendo sus indicaciones, y por orden de Lerena, el director general de Comercio de Indias, Diego de Gardoqui, encargó a Boulton y Watt dos máquinas de doble efecto, del mismo tamaño y potencia –cilindros de 34 pulgadas inglesas de diámetro y 55 CV–, haciéndoles creer que estarían destinadas a una fundición siderúrgica. Las máquinas, que costaron 3.075 libras esterlinas cada una, llegaron a Cádiz en septiembre de 1793, pero entretanto habían cambiado mucho las cosas: había fallecido el conde de Lerena, principal valedor político del proyecto, y le había sustituido en la Secretaría de Hacienda Diego de Gardoqui, quien a pesar de haber tenido que figurar como supuesto comprador de las dos máquinas, era rotundamente opuesto a la idea, por considerarla inviable y descabellada. Gardoqui ordenó que ambas se guardasen a cal y canto en los almacenes de la aduana de Cádiz para evitar que se llegase a conocer el verdadero motivo de su presencia, por considerar que ello podría redundar en descrédito para el Gobierno. En 1796 Martín de Retamosa intentó relanzar su plan, exponiéndoselo a Godoy, quien, en principio, no lo rechazó pero pidió a Gardoqui que dictaminase al respecto; éste le puso en antecedentes de toda la historia, consiguiendo convencerle de que era preferible que siguiese en el olvido, así que las dos máquinas de vapor continuaron ocultas en los almacenes gaditanos. La última noticia que tenemos de ellas es una representación del administrador de la aduana, de junio de 1801, en la que se planteaba la necesidad de disponer de aquellos almacenes. No sabemos cuál fue el destino final de las máquinas.

La última máquina de vapor que llegó a España en el siglo XVIII fue una de muy pequeña potencia (tan sólo 8 CV) que había sido encargada a Boulton y Watt en 1795 por Nathan Wheterell, un empresario británico afincado en Sevilla, donde había establecido una importante fábrica de curtidos. No sabemos prácticamente nada de ella, aunque podemos suponer que se aplicó para accionar un molino de corteza, sustancia que se empleaba como curtiente de las pieles.

A principios del siglo XIX, Boulton y Watt exportaron a España otras dos máquinas de vapor de doble efecto y de características técnicas idénticas: cilindros de 36 pulgadas inglesas de diámetro y 6 pies de recorrido, y 50 CV de potencia. El importe de cada una ascendió a 2.455 libras esterlinas y su comprador fue el diplomático Carlos Martínez de Irujo, marqués de Casa Irujo desde 1803, quien, según Tann y Breckin, las habría encargado en 1800 y en 1806 para dar impulso a una fábrica de harinas a vapor que proyectaba establecer en Cádiz. Esta ciudad era a comienzos del siglo XIX un centro mercantil muy importante, cuya numerosa población era abastecida de harina y pan por más de un centenar de tahonas tradicionales, movidas por caballerías. Existía allí, por tanto, una importante demanda potencial para establecer una moderna fábrica de harinas. A tal fin, en julio de 1803 Urquijo obtuvo un privilegio exclusivo para establecer en España molinos harineros movidos por «bombas de fuego», por un plazo de diez años. Dos meses después presentó al Ayuntamiento de Cádiz una primera proposición para hacerse cargo del abastecimiento de harinas a la población, en condiciones más ventajosas que las tahonas. Pero las negociaciones entre las dos partes se desarrollaron con lentitud, de forma que hasta diciembre de 1804 no se tomó un acuerdo definitivo. A partir de entonces, el diplomático metido a empresario aceleró sus gestiones para importar el equipamiento de la nueva fábrica, en tanto que se construía el edificio que debía albergarla.

Desde Filadelfia, Irujo envió la maquinaria para la molienda y el cernido de la harina, que incorporaba las nuevas técnicas introducidas por Oliver Evans en la harinería norteamericana. Ésta llegó en julio de 1807, junto con un «ingeniero maquinista» norteamericano, pero su instalación se vio entorpecida por el robo de algunas piezas en febrero y marzo de 1808. Por otra parte, como queda dicho, en 1806 Irujo había encargado a Boulton y Watt una segunda máquina. Pero la situación de guerra con Inglaterra debió de dificultar la llegada de ambas, pues Cádiz estuvo permanentemente bloqueada por la Armada británica. Es muy posible que las dos máquinas no llegaran antes de julio de 1808, cuando Inglaterra no sólo levantó el bloqueo naval, sino que hizo desembarcar a una división de su flota para apoyar a las tropas españolas. Lo cierto es que durante el largo sitio francés –de febrero de 1810 a agosto de 1812– el denominado "Molino de San Carlos" funcionó ya a media capacidad, con seis de sus doce pares de piedras en activo. Después de la guerra de la Independencia se completaron sus instalaciones, convirtiéndose en uno de los establecimientos industriales más emblemáticos de la época: la primera empresa privada española que empleó con éxito la nueva energía del vapor.

Quedaría incompleto el panorama de los primeros pasos de la máquina de vapor en España si no hiciéramos referencia a la aportación de dos figuras bien conocidas: Agustín de Betancourt y José Sanponts. Por lo que se refiere a Betancourt, es sabido que a finales de 1788, en el curso de una breve estancia en Inglaterra, llegó a entrevistarse con Boulton y Watt en Birmingham, pero no le permitieron ver sus máquinas de vapor de doble efecto. Sin embargo, a su regreso a Londres consiguió atisbar breve-

mente una máquina de este tipo en los Albion Mills; y le fue suficiente esa rápida ojeada para deducir el principio teórico del funcionamiento de la doble inyección. Betancourt dio a conocer su hallazgo en la célebre *Mémoire sur une machine à vapeur à double effet* que presentó ante la Academia de Ciencias de París a finales de 1789. Previamente había hecho una maqueta de la máquina que tuvo importantes repercusiones prácticas, pues sirvió de modelo para que los hermanos Périer construyesen en su fábrica de Chaillot la primera máquina de doble efecto de la Europa continental, que empezó a funcionar al año siguiente en los molinos de la Isla de los Cisnes. Así pues, gracias a Betancourt se introdujo en Francia la máquina de doble efecto y pudo difundirse rápidamente, sin las restricciones que hubiera supuesto la observancia de las patentes de Boulton y Watt. Resulta, por tanto, muy paradójico que la importante contribución de Betancourt al desarrollo de la máquina de vapor no tuviera ninguna repercusión práctica en España. Es cierto que en el Real Gabinete de Máquinas Betancourt reunió varios planos y maquetas de máquinas de vapor, entre las que se encontraba la que sirvió de modelo a los Périer, pero el acceso a dicho gabinete era muy restringido, y no hay evidencias de que su contemplación incitase a algún empresario a introducirla en sus fábricas, a diferencia de lo que había ocurrido en Francia.

La aportación de Francisco Sanponts fue de menor trascendencia. Este médico ilustrado, aficionado a la mecánica, era a comienzos del siglo XIX director de Estática e Hidrostática de la Real Academia de Ciencias Naturales y Artes de Barcelona, y entre 1804 y 1806 construyó tres máquinas de vapor, a instancias del empresario algodonero Jacinto Ramón. La primera fue de tipo Newcomen, y para su construcción Sanponts tomó como referencia los planos de la máquina de Fresnes que reproducía la *Architecture Hydraulique* de Bélidor. Según parece, solamente se aplicó a elevar el agua para impulsar una rueda hidráulica, la cual, a su vez, daba movimiento a unas hiladoras del tipo *water-frame* en la fábrica de Ramón. Posteriormente hizo la maqueta de una máquina de doble efecto, a partir de los planos y descripciones que incluía Prony en su *Nouvelle Architecture Hydraulique* de una de las que accionaban los molinos de la Isla de los Cisnes. Los experimentos que se hicieron con esa maqueta en 1805 –según el testimonio del propio Sanponts en la memoria que redactó al efecto– fueron satisfactorios, y en vista de ello se decidió a construir una máquina de doble efecto a tamaño real. Pero ésta, que según las estimaciones de J. Agustí sólo tendría entre 5 y 7 CV de potencia, únicamente se aplicó, al igual que su predecesora, a la modesta tarea de elevar agua para mover ruedas hidráulicas en la fábrica de Ramón. No obstante, cabe la posibilidad de que por las mismas fechas en que Sanponts construía sus máquinas hubiesen surgido otras iniciativas dentro de la misma ciudad de Barcelona. Por ejemplo, hay indicios de que hacia 1805 el conde de Cabarrús habría encargado una máquina de vapor a los hermanos Périer para la hilatura algodonera que había establecido Santiago Jaumard, y de la que él era el verdadero propietario, pero ignoramos si ésta llegó efectivamente a su destino.

BIBLIOGRAFÍA

AGUSTÍ I CULLELL, J.: *Ciència i técnica a Catalunya en el segle XVIII: La introducció de la màquina de vapor*, Barcelona, 1983.

ALCALÁ-ZAMORA Y QUEIPO DE LLANO, J.: *Historia de una empresa siderúrgica española: los altos hornos de Liérganes y La Cavada, 1622-1834*, Santander, 1974.

BARBIER, J. A. y KLEIN, H. S.: «Las prioridades de un monarca ilustrado: el gasto público bajo el reinado de Carlos III», *Revista de Historia Económica*, III, 1985, pp. 473-491.

BRIANTA, D.: «Trasmissione del sapere tecnico nell'industria dei "non ferrosi" e circolazione dell' ingegnere minerario in Europa e in America Latina (metà XVIII-metà XIX sec.)», *Ricerche di Storia Sociale e Religiosa*, XXX, 2000, n.º 59, pp. 127-159 y 195-246.

CALVO CALVO, A.: «Transferencia internacional de tecnología y condicionamientos nacionales: la industria sedera catalana durante la transición al régimen liberal», *Quaderns d'Història de l'Enginyeria*, III, 1999, pp. 93-123.

FORTEA PÉREZ, J. I.: «La industria textil en el contexto general de la economía cordobesa entre fines del siglo XVII y comienzos del XVIII: una reactivación fallida», en *Actas de los II Coloquios de Historia de Andalucía. Andalucía Moderna*, Córdoba, 1983, tomo I, pp. 443-465.

GARCÍA DIEGO, J. A.: «Agustín de Bethancourt como espía industrial», en VV. AA.: *Estudios sobre la Historia de la Ciencia y de la Técnica*, Valladolid, 1988, vol. I, pp. 105-125.

GONZÁLEZ ENCISO, A.: *Estado e industria en el siglo XVIII: la fábrica de Guadalajara*, Madrid, 1980.

HARRIS, J. R.: *Industrial Espionage and Technology Transfer. Britain and France in the Eighteenth Century*, Aldershot, 1997.

HELGUERA QUIJADA, J.: «Las misiones de espionaje industrial en la época del Marqués de la Ensenada y su contribución al conocimiento de las nuevas técnicas metalúrgicas y artilleras a mediados del siglo XVIII», en VV. AA.: *Estudios sobre la Historia de la Ciencia y de la Técnica*, Valladolid, 1988, vol. II, pp. 671-695.

— «Transferencias de tecnología británica a comienzos de la Revolución Industrial: un balance del caso español a través del sector energético», en GARCÍA HOURCADE, J. L. (coord.): *Estudios de Historia de las Técnicas, la Arqueología Industrial y las Ciencias*, Salamanca, 1998, vol. I, pp. 89-106.

HENDERSON, W. O.: *Britain and the Industrial Europe 1750-1870*, Leicester, 1972.

HERRERO FERNÁNDEZ-QUESADA, M.ª D.: *Ciencia y milicia en el siglo XVIII: Tomás de Morla, artillero ilustrado*, Segovia, 1992.

JEREMY, D. J.: «Damming the Flood: British Government Efforts to Check the Outflow of Technicians and Machinery, 1780-1843», *Business History Review*, LI, 1977, pp. 1-34.

KAMEN, H.: *La guerra de Sucesión en España, 1700-1715*, Barcelona, 1974.

— *La España de Carlos II*, Barcelona, 1981.

LA FORCE, J. C.: *The Development of the Spanish Textile Industry, 1750-1800*, Berkeley, 1965.

LAFUENTE, A. y PESET, J. L.: «Política científica y espionaje industrial en los viajes de Jorge Juan y Antonio de Ulloa (1748-1751)», *Mélanges de la Casa de Velázquez*, XVII, 1981, pp. 234-262.

MARTÍN GARCÍA, G.: *La industria textil en Ávila durante la etapa final del Antiguo Régimen. La Real Fábrica de Algodón*, Ávila, 1989.

MOLAS, P.: «The Industrial Policy of the Board of Trade in Spain», *The Journal of European Economic History*, XXVI, 1997, n.º 2, pp. 269-293.

MUSSON, A. E. y ROBINSON, E.: *Science and Technology in the Industrial Revolution*, Manchester, 1969.

PALACIOS REMONDO, J.: *Los Delhuyar*, Logroño, 1993.

PASTOR REY DE VIÑAS, P.: *Historia de la Real Fábrica de Cristales de San Ildefonso durante la época de la Ilustración (1727-1810)*, Madrid, 1994.

PELLÓN, I. y ROMÁN POLO, P.: *La Bascongada y el Ministerio de Marina. Espionaje, ciencia y tecnología en Bergara (1777-1783)*, San Sebastián, 1999.

PRADELLS NADAL, J.: *Diplomacia y comercio. La expansión consular española en el siglo XVIII*, Alicante, 1992.

ROS MASSANA, R.: *La industria textil lanera de Béjar (1680-1850). La formación de un enclave industrial*, Valladolid, 1999.

RUMEU DE ARMAS, A.: *Ciencia y tecnología en la España ilustrada*, Madrid, 1980.

SÁNCHEZ BELTRÁN, M.ª J.: *La porcelana de la Real Fábrica del Buen Retiro*, Madrid, 2000.

TANN, J. y BRECKIN, M. J.: «The International Diffusion of the Watt Engine, 1775-1825», *The Economic History Review*, XXXI, 1978, n.º 4, pp. 541-565.

TORREJÓN CHAVES, J.: «Tecnología e innovación industrial: el ingeniero de Marina Fernando Casado de Torres y la máquina de vapor de doble inyección de La Carraca (1788-1804)», en *VIII Congreso Internacional para la Conservación del Patrimonio Industrial*, Madrid, 1995, pp. 465-474.

VV. AA.: *Technologischer Wandel im 18. Jahrhundert*, Brunswick, 1981.

WHITAKER, A. P.: «The Elhuyar mining missions and the Enlightenment», *The Hispanic American Historical Review*, XXXI, 1951, n.º 4, pp. 557-585.

2
Arquitectura industrial borbónica

Aurora Rabanal Yus
Universidad Autónoma de Madrid

La nueva dinastía borbónica establecida en nuestro país en los inicios del siglo XVIII encontró un grave estancamiento productivo y demográfico y una considerable contracción comercial. Como el mercado interior y el colonial se abastecían de productos extranjeros, se emprendió una firme política económica en la que se concedió una atención muy especial a la renovación industrial. Su desarrollo se potenció, en primer lugar, mediante la aplicación de criterios de signo mercantilista que, a partir de la segunda mitad del siglo, evolucionaron hacia soluciones más liberales.

El desarrollo de esta política económica se realizó, esencialmente, a través de dos tipos de empresa: la denominada industria dispersa, diseminada en pequeños talleres artesanales, y la concentrada, que adoptó el modelo de las manufacturas colbertistas francesas. Esta última industria fue buena muestra del surgimiento en España de la tipología arquitectónica que representa la fábrica moderna, puesto que reunía, en un único recinto, un proceso completo de producción y un trabajo colectivo organizado en fases sucesivas. A través de este nuevo concepto económico se intentó la superación de los deficientes resultados del sistema gremial entonces vigente, cuyas maniobras se realizaban fragmentariamente, en talleres artesanales diversos, en los que era imposible ejercer el oportuno control a lo largo del proceso de producción, disperso en diferentes espacios. Este tipo de empresa apareció en las manufacturas estatales; posteriormente se extendió a los establecimientos mixtos, donde existía una participación de la iniciativa privada y del Estado, y finalmente a aquellos plenamente particulares[1].

---

[1] El contenido de este artículo fue objeto de una conferencia dedicada a la «Arquitectura industrial del siglo XVIII en España», dentro de un ciclo dedicado a las *Manufacturas reales* celebrado en el Palacio Real de Madrid, publicado en edición no venal del Patrimonio Nacional, Madrid, 1995, pp. 23-40. Posteriormente se ha revisado el tema en la ponencia presentada en las *Jornadas sobre las Reales Fábricas,* organizadas en la Real Fábrica de Cristales del Real Sitio de San Ildefonso (Segovia) por la fundación Centro Nacional del Vidrio, cuyas actas se han editado recientemente, La Granja, 2004. Para una idea general de la política industrial desarrollada por los Borbones a lo largo del siglo XVIII: A. GONZÁLEZ ENCISO, 1980 y 1996; J. RODRÍGUEZ LABANDEIRA, 1982; E. FERNÁNDEZ PINEDO, A. GIL NOVALES y A. DÉROZIER, 1980; P. TEDDE, 1982. Sobre la industria metalúrgica, es esencial el texto de J. HELGUERA QUIJADA, 1987.

La implantación de este modelo productivo dio origen a un nuevo tipo arquitectónico: la **fábrica**, que había de satisfacer necesidades y funciones completamente nuevas. Debía permitir el desarrollo de un proceso completo de producción, sin interrupciones ni pérdidas de tiempo, mediante una rigurosa organización racional de su espacio interior, según las sucesivas fases del proceso. Además, tenía que facilitar el imprescindible control sobre el producto y las operaciones realizadas, con el fin de conseguir un ritmo constante de trabajo y una máxima eficacia.

Los establecimientos industriales construidos por la Corona española a lo largo del siglo se pueden reunir en cuatro sectores básicos: textil, artículos suntuarios, metalurgia y monopolios del Estado. Esta selección transparenta una decidida intención de reducir al máximo las importaciones de objetos de lujo y las exportaciones de materias primas, tanto nacionales como americanas, reservándose además la capacidad de elaboración o transformación de ciertos productos. El desarrollo de la industria metalúrgica estuvo en relación con una nueva concepción de la defensa del Estado y de sus posesiones de ultramar, así como de ciertas iniciativas de tipo experimental.

Tanto los teóricos de la arquitectura como los economistas estuvieron de acuerdo en aconsejar la creación de las fábricas consideradas *finas*, es decir, de artículos de lujo, en los arrabales de las ciudades grandes, reservando una localización rural para aquellas conceptuadas como *bastas*, de géneros de primera necesidad, o bien de productos cuyas materias primas o fuentes de energía así lo exigían. Tal fue la opinión, en el campo de la teoría económica, de Jerónimo de Uztáriz, Pedro Rodríguez de Campomanes y de Danvila y Villarrasa, que coincidió con la de teóricos de la arquitectura como Jacques François Blondel y Francesco Milizia[2].

Siguiendo estos criterios, las manufacturas reales erigidas en las regiones periféricas se dedicaron principalmente a la producción metalúrgica y de artículos monopolizados por el Estado. Se construyeron en ciudades como Sevilla o Barcelona, vinculadas a importantes puertos por donde venían las materias primas y salían los productos manufacturados, o en situaciones plenamente rurales, inmediatas a las fuentes de energía y materias primas. Además, se potenció la creación de un buen número de manufacturas en torno a la Corte, destinadas a la fabricación de paños y otros géneros textiles. La producción de objetos suntuarios se reservó exclusivamente a la Corte y Sitios Reales, donde se concentraba la mayor parte de los posibles adquisidores, introduciéndose en aquélla, además, a partir de la segunda mitad del siglo, la elaboración de productos monopolizados por el Estado.

---

[2] Los testimonios de los autores citados se han manifestado detalladamente en A. RABANAL YUS, 1990, pp. 31-33. En las últimas páginas de esa publicación se da una extensa relación bibliográfica de títulos en torno al tema de la arquitectura industrial española del siglo XVIII, en su contexto histórico-económico y arquitectónico, que deliberadamente se ha querido evitar en este artículo.

I

Tipología arquitectónica

Los tratados europeos de arquitectura del siglo XVIII definieron, aunque con bastante ambigüedad, el nuevo tipo constructivo que representa la fábrica, aludiendo a ella como un conjunto de talleres, almacenes, patios y alojamientos reunidos en un mismo edificio, cuya planta tenía que adecuarse a la función que el establecimiento había de desempeñar y al tipo de producción que debía albergar.

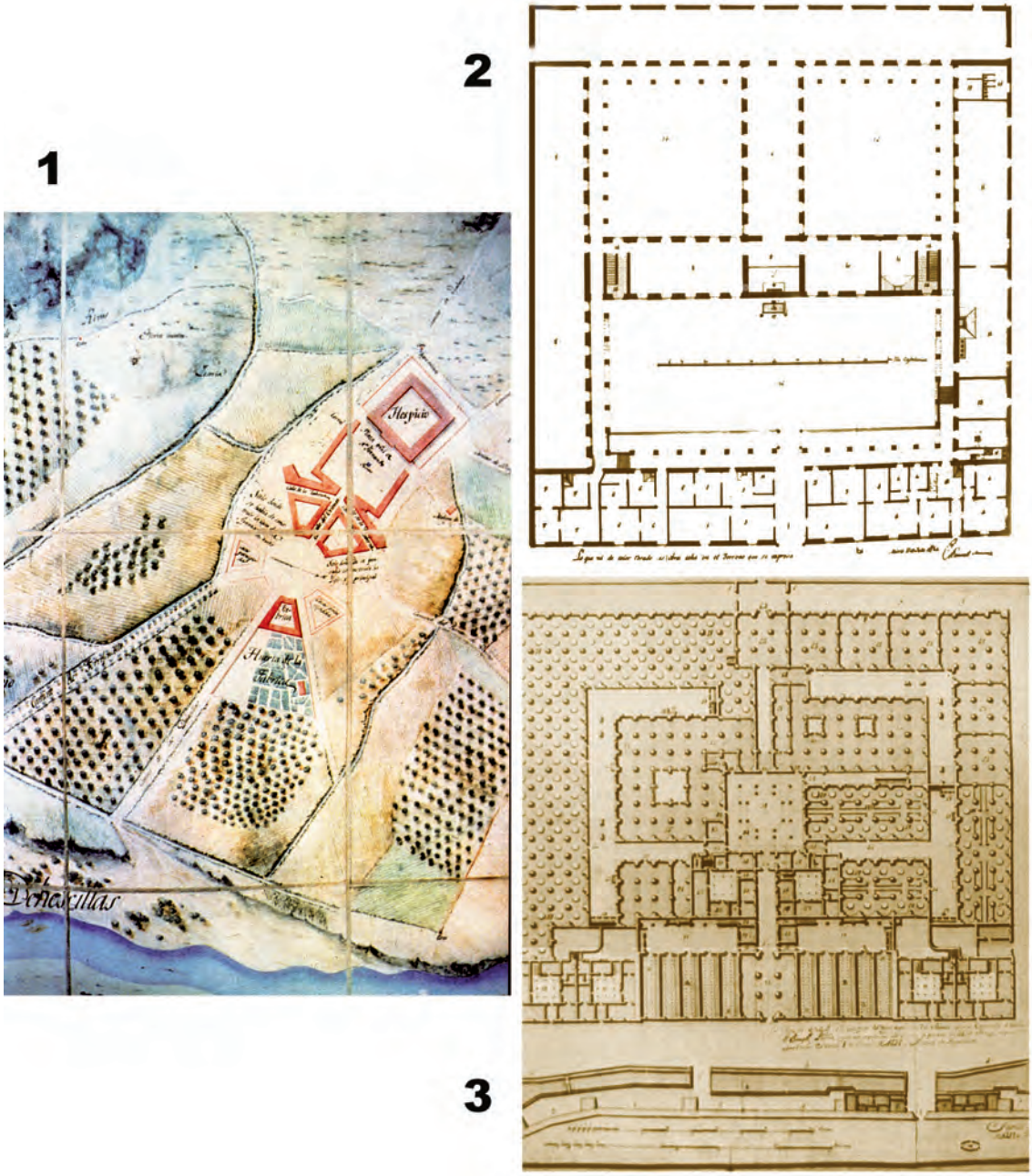
D'Aviler, en su *Dictionnaire d'Architecture*, de 1755, identifica el término *manufactura* con un gran edificio compuesto por viviendas, salas, laboratorios, galerías y almacenes. En 1771, Jacques François Blondel, en su *Cours d'Architecture*, insiste en la importancia de la adaptación de la distribución del edificio a su producción, aconsejando que se incluyeran aposentos para directores e inspectores, y añadiendo que su arquitectura debía ser sobria y sólida. Francesco Milizia, en sus *Principi di Architettura civile*, de 1785, recoge las directrices de Blondel en cuanto al principio de acondicionar la distribución al tipo de producción y a la importancia del establecimiento, añadiendo la necesidad de incluir residencias no sólo para los altos cargos, sino también para los operarios. Finalmente, Quatrémere de Quincy, en su *Dictionnaire historique d'Architecture*, editado en 1832, admite una doble tipología para la fábrica, que se puede distribuir en un único y compacto edificio o bien dividirse en diferentes patios y cuerpos, insistiendo en su necesaria sencillez y funcionalidad[3]. Además, la famosa *Encyclopédie* de Diderot y D'Alembert dedicaba ya en 1765 un extenso artículo a la voz *Manufacture*, definiendo la fábrica concentrada como alternativa a la industria dispersa, cuando el proceso de producción hacía necesario reunir un considerable número de operarios que realizasen con prontitud las diferentes maniobras. Este comentario no es lejano al de Campomanes en su *Apéndice a la educación popular* (1775), que identifica las fábricas con «manufacturas complicadas, que constan de varias clases de operarios», vinculando los resultados productivos a la coordinación de los diferentes oficios y a la eficacia de las máquinas[4].

En líneas generales, las reales fábricas españolas construidas en el siglo XVIII se pueden agrupar en dos tipologías básicas. En primer lugar, hay que distinguir los edificios concebidos a modo de gran **bloque unitario**, de proporciones horizontales, cerrado al exterior, con uno o más patios en su interior. Estos principios se aplicaron a fábricas de muy diversa producción y en situaciones urbanas o suburbanas.

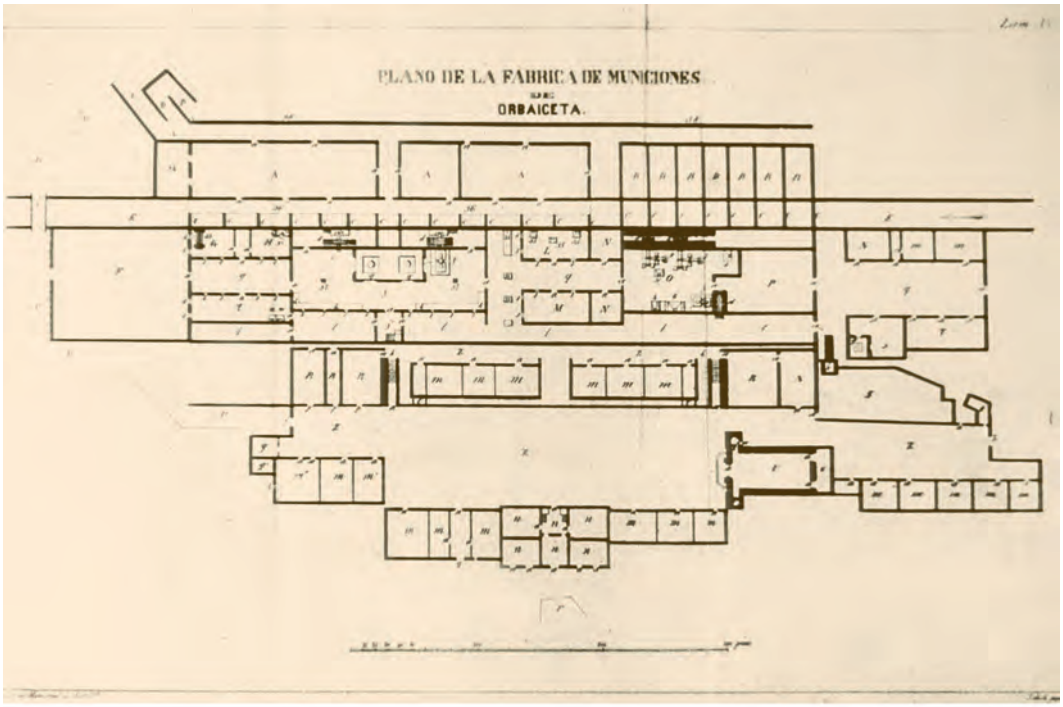
---

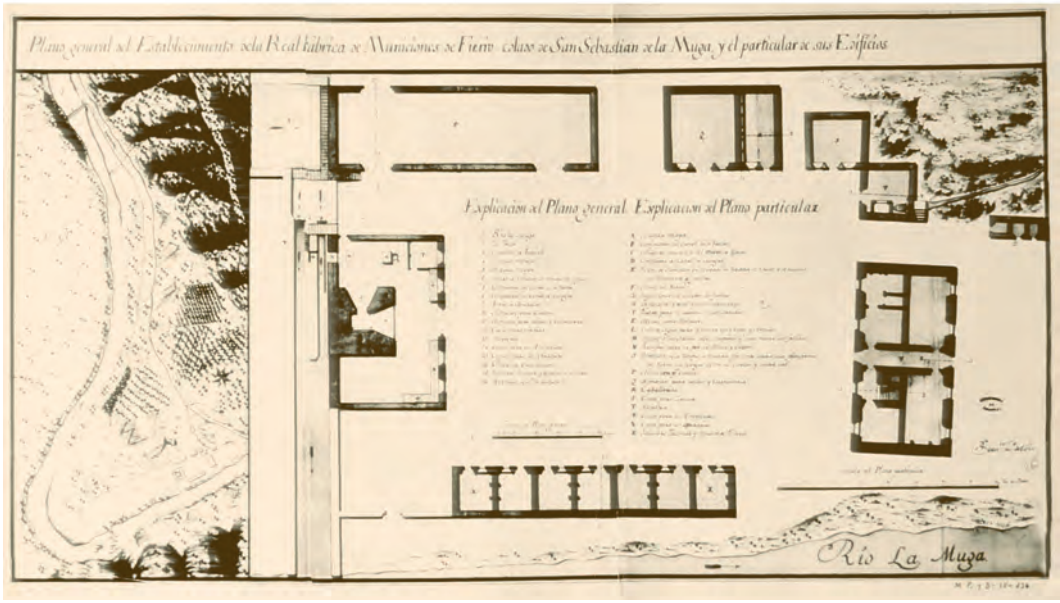
[3] Los testimonios teóricos mencionados se expusieron en A. RABANAL YUS, 1990, pp. 24-26.

[4] *ENCYCLOPÉDIE ou Dictionnaire raisonné des Sciences, des Arts et des Métiers*, Neuchâtel, 1765, tomo X, pp. 60 y ss.; P. R. de CAMPOMANES: *Apéndice a la Educación Popular,* parte II, tomo II, Madrid, 1775, pp. V, VI y VII. Testimonios comentados también en A. RABANAL YUS, 1990, p. 24.



2.1. Plantas en bloques unitarios: *1) Real Fábrica de Paños y nueva población del Real Sitio de San Fernando, en la provincia de Madrid (Archivo General de Palacio, detalle del plano n.º 3218); 2) Manuel Serrano: Fábrica de Lencería y Pintados del Real Sitio de Aranjuez, 1784 (Archivo General de Palacio, n.º 58); 3) Real Fábrica de Tabacos de Sevilla, proyecto de Ignacio Sala, 1728 (Archivo General de Simancas, M. P. y D., XXIII-52).*





2.2. Plantas en pabellones: *1) Real Fábrica de Municiones de Hierro de Orbaiceta (Navarra), según el* Memorial de Artillería *de 1849; 2) Francisco Juan del Rey: Real Fábrica de Municiones de Hierro de San Sebastián de la Muga, en Gerona, construida según proyecto de Jean Maritz (Archivo General de Simancas, M. P. y D., IV-134).*

El segundo tipo arquitectónico se ordenó en **pabellones** diversos. Esta distribución únicamente se observa en fábricas metalúrgicas y, excepcionalmente, en algún ejemplo textil, de situación urbana o rural, no apareciendo esta alternativa hasta la segunda mitad del siglo. Finalmente, algunas experiencias se deben considerar **mixtas** entre las dos mencionadas, ya que asumen singularidades de ambas.

I.1. Reales fábricas concebidas como bloques unitarios en torno a uno o más patios interiores

Esta tipología fue la primera en practicarse en España, y a ella pertenece el número más elevado de establecimientos. Coincide, además, con las recomendaciones de los tratados de arquitectura, y en ella hay que señalar algunas distinciones. Se construyeron varios ejemplos, todos de la primera mitad del siglo, con un único y muy amplio patio interior. A este subtipo pertenecería el proyecto de Ignacio Sala para la Real Fundición de Artillería de Bronce de Sevilla, fechable en 1730, así como la Fábrica de Paños construida a partir de 1746 en el Real Sitio de San Fernando. También presentaba un único patio interior la Real Fábrica de Porcelana del Buen Retiro (1759). Ejemplo excepcional, pero que encaja en este planteamiento, fue el de la Real Fábrica de Paños de Brihuega (Guadalajara), concebida como un cilindro con patio interior circular.

En la segunda mitad del siglo se construyeron dos establecimientos cuya planta se articuló en torno a dos patios, prácticamente iguales y consecutivos según un único eje de simetría. Uno estuvo dedicado a la producción metalúrgica conectada con el armamento, que fue el caso de la Real Fábrica de Espadas de Toledo, proyectada en 1772 por Francisco Sabatini, y otro a la elaboración de artículos suntuarios, que fue la madrileña Real Fábrica de Platería de Martínez (1792), siendo ambas ejemplos suburbanos. En torno a dos patios, de muy desigual tamaño, y no alineados, ordenó Juan Manuel de Porres su proyecto, fechado en 1759, para la Real Fundición de Artillería de Bronce de Sevilla.

Además, hay que distinguir otro grupo cuya planta se articuló en torno a tres o más patios. En algunos casos hubo un patio principal, más espacioso, que jerarquizó a los restantes. Tales fueron los de la Real Fábrica de Paños de Guadalajara (1719) o los proyectos de Ignacio Sala (1728) y José Barnola (1750) para la Real Fábrica de Tabacos de Sevilla. La construcción de estos edificios se comenzó en la primera mitad del siglo, pero es un planteamiento que aplicó nuevamente, en 1770, José Díaz Gamones a la Real Fábrica de Cristales de La Granja, y que sin duda era capaz de albergar procesos de producción simultáneos y particularmente complejos. Finalmente, otro grupo presentó una distribución en torno a tres patios, como la Real Fábrica de Tapices de Santa Bárbara, en Madrid, establecida desde 1721, cuya planta sería, seguramente, el resultado de ampliaciones posteriores.

Tres amplios espacios abiertos, alineados, que jerarquizaban a los secundarios y reforzaban el eje axial del edificio, presentaba el proyecto de Diego de Bordick para la Fábrica de Tabacos de Sevilla. Tanto la Real Fábrica de Aguardientes y Naipes de

Madrid, obra de Manuel de la Ballina (proyecto de 1780), como la de Lencería y Pintados del Real Sitio de Aranjuez, de Manuel Serrano (1784), se concibieron también con tres patios rectangulares, dos de los cuales se sometían a la preponderancia del principal.

Las dos reales fábricas de salitre construidas en la Corte entre 1778 y 1784 mostraban un tipo peculiar –conformado por figuras geométricas puras, alineadas en torno a calles rectilíneas–, sin duda condicionado por las operaciones de su proceso de producción. El planteamiento en secuencias espaciales alineadas, con las que se construyó, a partir de 1733, el primer establecimiento de la Real Fundición de Artillería de Barcelona, no constituyó modelo para ningún ejemplo posterior, debiendo quizás considerarse un eslabón intermedio entre el taller artesanal y la fábrica propiamente dicha.

El **patio** fue en la fábrica del siglo XVIII español un elemento esencial, configurador del espacio y ordenador de los procesos de producción que habían de desarrollarse en torno a él. Área de iluminación, ventilación, comunicación, movimiento de carruajes y vigilancia, fue utilizado también como espacio fabril, encontrándose presente, en mayor o menor número y con distintas dimensiones, en todos los edificios concebidos en forma de bloque unitario.

I.2. Establecimientos ordenados en pabellones

La segunda tipología que presentaron nuestras reales fábricas del siglo XVIII se organizó en **pabellones**. La arquitectura unitaria se fragmentó en una serie de edificios independientes situados según el orden del proceso de fabricación. Esta división produjo una jerarquización espacial, pues los talleres más importantes aglutinaban en sus inmediaciones a los secundarios. Consecuencia de un proceso de rigurosa precisión en el espacio industrial, el resultado fue una arquitectura totalmente nueva, que rompió con los esquemas cerrados tradicionales.

La organización en pabellones sólo apareció en establecimientos de situación plenamente rural y en la segunda mitad del siglo. Afectó a instalaciones metalúrgicas y, excepcionalmente, a algún ejemplo textil. También en este grupo pueden encontrarse subtipos, atendiendo al orden con el que se implantaron los pabellones.

Las Reales Fábricas de Municiones de Hierro de Eugui (1766) y Orbaiceta (1784), en Navarra, presentaron una organización de edificios industriales y residenciales en líneas paralelas, a diferentes niveles, que se adaptaban a la accidentada orografía del terreno. Otros establecimientos se concibieron en torno a plazas abiertas, como fueron la Real Fábrica de Municiones de Hierro de San Sebastián de La Muga (1768), en Gerona, y parte de las instalaciones de las Reales Fábricas de Latón, Cobre y Cinc de San Juan de Alcaraz (1772), en la provincia de Albacete. Finalmente, estas últimas se organizaron parcialmente en pabellones dispersos en un extenso territorio, principio ordenador que rigió también, en parte, el batán y el molino de hilazas de la Real Fábrica de Tejidos de Algodón de Ávila (1788).

Esta dispersión de talleres afectó a algunas reales fábricas de la tipología en bloque, pues, aunque el grueso del establecimiento mantuvo su concepción unitaria, batanes y tintes fueron edificios independientes, desgajados del espacio de las reales

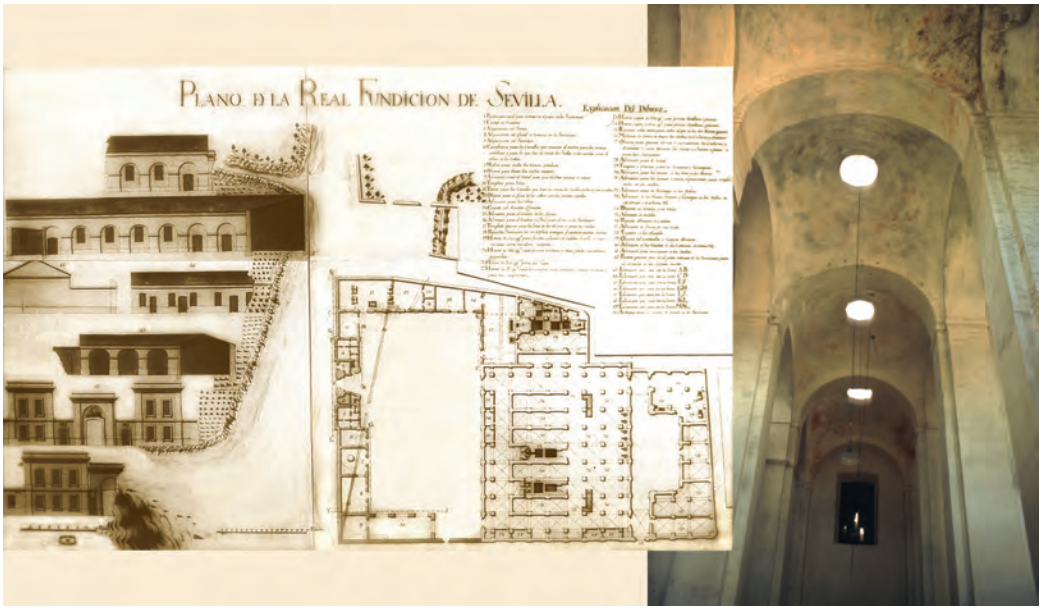
fábricas de paños de Guadalajara, San Fernando y Brihuega. Lo mismo sucedió con el taller de la barrena de la Real Fundición de Artillería de Sevilla. Ello estuvo justificado por la necesaria proximidad de estas instalaciones a las fuentes de energía hidráulica.

I.3. Tipo mixto

Las intervenciones de Jean Maritz en las Reales Fundiciones de Artillería de Bronce de Barcelona (1766) y Sevilla (1767) muestran una fase intermedia entre la fábrica bloque y aquella organizada en pabellones independientes. Maritz introdujo en el espacio unitario de las Atarazanas de Barcelona, y de la Fundición sevillana unos obradores sumamente precisados y especializados, y fuertemente jerarquizados. Aunque perfectamente comunicados, como en el caso de Sevilla, el área industrial se dividió ahora en talleres independientes, que presentaron soluciones arquitectónicas diversas, pero en ambos casos se mantuvo un claro deseo de que permaneciesen integrados en un único recinto.

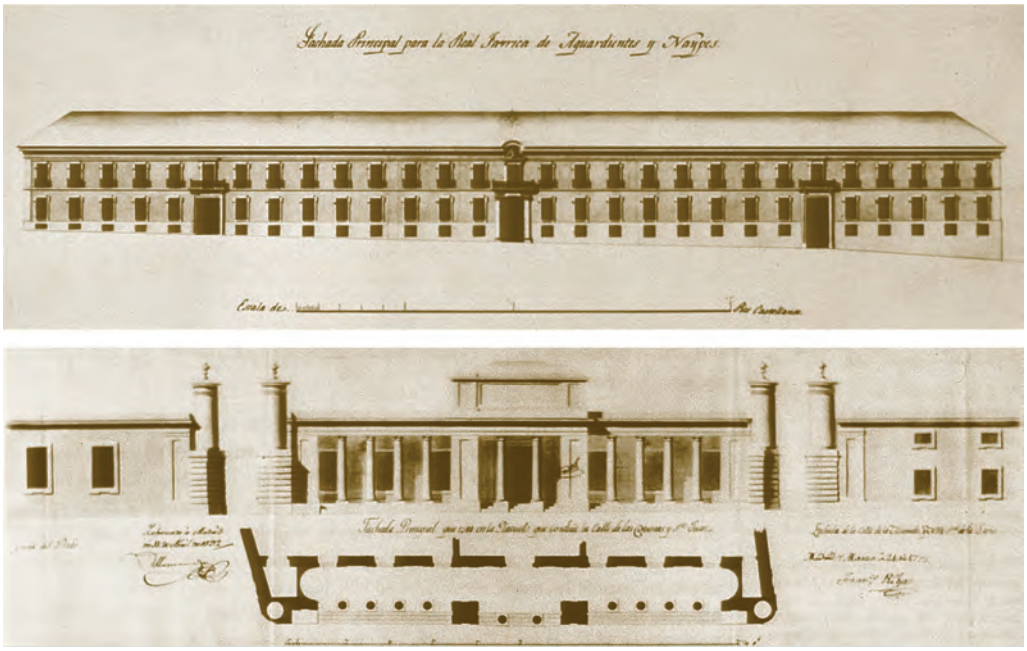
I.4. Función residencial de los establecimientos

Coincidiendo con los criterios teóricos de J. F. Blondel, las reales fábricas ubicadas en situaciones urbanas o suburbanas sólo dispusieron, usualmente, de alojamientos para ciertos maestros y cargos administrativos. Así se estableció en los ejemplos sevillanos de la Real Fábrica de Tabacos y la Real Fundición de Artillería, entre otros.



2.3. Real Fundición de Artillería de Bronce de Sevilla: *1) Planta general del edificio, con las reformas efectuadas por Jean Maritz, y su nuevo proyecto para el patio y la puerta principal, 1773 (Archivo General de Simancas, M. P. y D., IV-123); 2) Vista de una de las naves, conformada por cuadrículas, de la Nueva Fundición construida según proyecto de Jean Maritz.*

2.4. Lenguajes ornamentales en las fachadas principales: *1) Real Fábrica de Tabacos de Sevilla; 2) Real Fábrica de Paños de San Fernando (Madrid): detalles ornamentales del cuerpo central.*



2.5. Lenguajes arquitectónicos en las fachadas principales: *1) Real Fábrica de Aguardientes y Naipes de Madrid (posterior Tabacalera): proyecto de Manuel de la Ballina (Archivo General de Palacio, n.º 283); 2) Francisco Rivas: proyecto de fachadas para la Real Fábrica de Platería de Martínez, en Madrid, 1792 (Archivo de la Secretaría del Ayuntamiento de Madrid, 1-52-97).*

Excepcionalmente, en la segunda mitad del siglo se construyeron establecimientos con viviendas para todos sus operarios, según recomendaba F. Milizia, como sucedió en la Real Fábrica de Espadas de Toledo, donde Francisco Sabatini dispuso las viviendas con una fuerte jerarquización espacial según los cargos a los que iban destinadas, o también en el caso de la Real Fábrica de Aguardientes y Naipes de Madrid.

Las reales fábricas erigidas en el ámbito rural siempre incluyeron alojamientos para todos los operarios y cargos, produciéndose una clara separación entre espacio industrial y residencial. Únicamente en el Real Sitio de San Fernando todas las viviendas tuvieron unas mismas características, pues lo usual fue que estuvieran jerarquizadas y en hilera, generalmente formando plazas abiertas.

I.5. Alzados, fachadas y espacios interiores

Los alzados exteriores y los patios interiores de las reales fábricas presentaron una arquitectura sobria y sólida. Hacia mediados de siglo los muros exteriores se adornaron con bandas superpuestas de sillares (Real Fábrica de Paños de San Fernando) o pilastras de orden gigante (Real Fábrica de Tabacos de Sevilla).

Este ornamento desapareció, o se redujo al máximo, en ejemplos posteriores (Real Fábrica de Espadas de Toledo, Real Fábrica de Aguardientes y Naipes de Madrid). También, hacia la mitad del siglo, la decoración se concentró en los cuerpos centrales de las fachadas principales, como sucedió en el Real Sitio de San Fernando y en la Fábrica de Tabacos de Sevilla, combinándose en ellos una refinada y a veces profusa ornamentación, con la presencia del orden arquitectónico superpuesto, que otorgó a ambos edificios un aire palaciego.

Mucho más severas fueron las fachadas de la segunda mitad del siglo, donde desapareció prácticamente toda ornamentación, excepto quizás el balcón y el orden arquitectónico flanqueando, por lo menos, la puerta principal (Reales Fábricas de Espadas de Toledo y de Aguardientes y Naipes en Madrid).

Excepcional en su planteamiento fue la fachada de la Real Fábrica de Platería de Martínez, que presentaba un pórtico dístilo y una columnata de orden dórico, cuyo modelo fue la del actual Museo del Prado, sin duda así resuelta por el lugar en que se hallaba enclavada.

Los proyectos de Jean Maritz para la portada exterior de la Real Fundición de Artillería de Sevilla (1767 y 1773), concebida a manera de arco triunfal flanqueado por dos pabellones, poseían un inconfundible aire militar, acorde no solamente con la función del edificio, sino también con las recomendaciones de los tratadistas para este tipo de establecimientos.

En unas y en otras, con más o menos ornamentación, siempre se combinó la solidez y severidad arquitectónica con la belleza y la magnificencia de una obra real. Sus espacios interiores presentaron generalmente, como queda expuesto, una clara tendencia al desarrollo horizontal o en superficie, mediante naves abovedadas o a través de un interesantísimo sistema constructivo organizado en una cuadrícula continua. Ambas soluciones se articularon siempre en torno a uno o más patios.

Usualmente no se erigieron más de dos alturas y una tercera de buhardillas, aunque algunos establecimientos presentaron vastas dimensiones perimetrales. Las reales fábricas concebidas como bloques unitarios no solamente fueron una obvia consecuencia de los gustos refinados del Antiguo Régimen, sino también antecedentes directos de soluciones espaciales de proyección horizontal desarrolladas en épocas posteriores por la Revolución industrial.

Idéntica repercusión tuvo la tipología organizada en pabellones, germen de los complejos industriales subsiguientes, en la que además apareció sistemáticamente el simple paralelepípedo rectangular, elemento esencial de los futuros establecimientos, detectable también en los ejemplos del tipo mixto dieciochesco.

La tipología en bloque unitario desarrollada en las reales fábricas traspasó los ejemplos privados construidos en la Corte, con una consecuente reducción en sus dimensiones. Sin embargo, las fábricas particulares de indianas de algodón construidas en el arrabal de Barcelona a partir de la mitad del siglo presentaron un desarrollo vertical o en altura, vinculado a las experiencias contemporáneas realizadas en Inglaterra y otros países europeos, e igualmente de gran repercusión posterior.

I.6. Autores de proyectos

En las Reales Fábricas construidas en la primera mitad del siglo se detecta una importante participación de miembros del Real Cuerpo de Ingenieros Militares, tanto en la elaboración de los proyectos como en la dirección de las obras: estuvieron relacionados con la realización del batán de la Real Fábrica de Paños de Guadalajara, los diferentes proyectos para la Fábrica de Tabacos de Sevilla y, muy probablemente, con las soluciones arquitectónicas y urbanísticas desarrolladas en el Real Sitio de San Fernando.

Hacia mediados del siglo se afirma la presencia de arquitectos en proyectos y obras de ejemplos urbanos y suburbanos, como los realizados por Ventura Padierne para la Real Fábrica de Brihuega, o por Antonio de Borbón para la del Buen Retiro. La actividad de los arquitectos se prolonga en la segunda mitad del siglo, quedando las fábricas de los Reales Sitios en manos de profesionales vinculados al lugar, como José Díaz Gamones en La Granja, o Manuel Serrano en Aranjuez.

Algunos establecimientos fueron obra de maestros locales, como la Real Fábrica de Tejidos de Algodón de Ávila, y surgieron figuras particularmente relacionadas con la arquitectura fabril cortesana, como José y Manuel de la Ballina, este último conectado con el ambiente de la Real Academia de San Fernando.

La intervención de miembros de los Reales Cuerpos de Ingenieros Militares y de Artillería se centró entonces en los establecimientos metalúrgicos, produciéndose una importante participación de personalidades extranjeras. Algunos de ellos vinieron a España con el fin de poner en funcionamiento nuevas instalaciones. Tal fue el caso de Jean Maritz, destacado personaje de la industria militar francesa, de origen suizo, autor de los proyectos para las Reales Fundiciones de Artillería de Bronce de Barcelona y Sevilla, y probablemente del conde de Rostaing, posible autor de la idea de la Real Fábrica de Eugui. Otros, como el marqués de Verboom, o Francisco Sabati-

ni, extranjeros también pero afincados en España, intervinieron en proyectos de reales fundiciones, así como militares españoles que integraban estos reales cuerpos, entre los que cabe citar a Ignacio Sala, Juan Manuel de Porres o Juan Martín Zermeño[5].

II

Manufacturas reales del sector textil

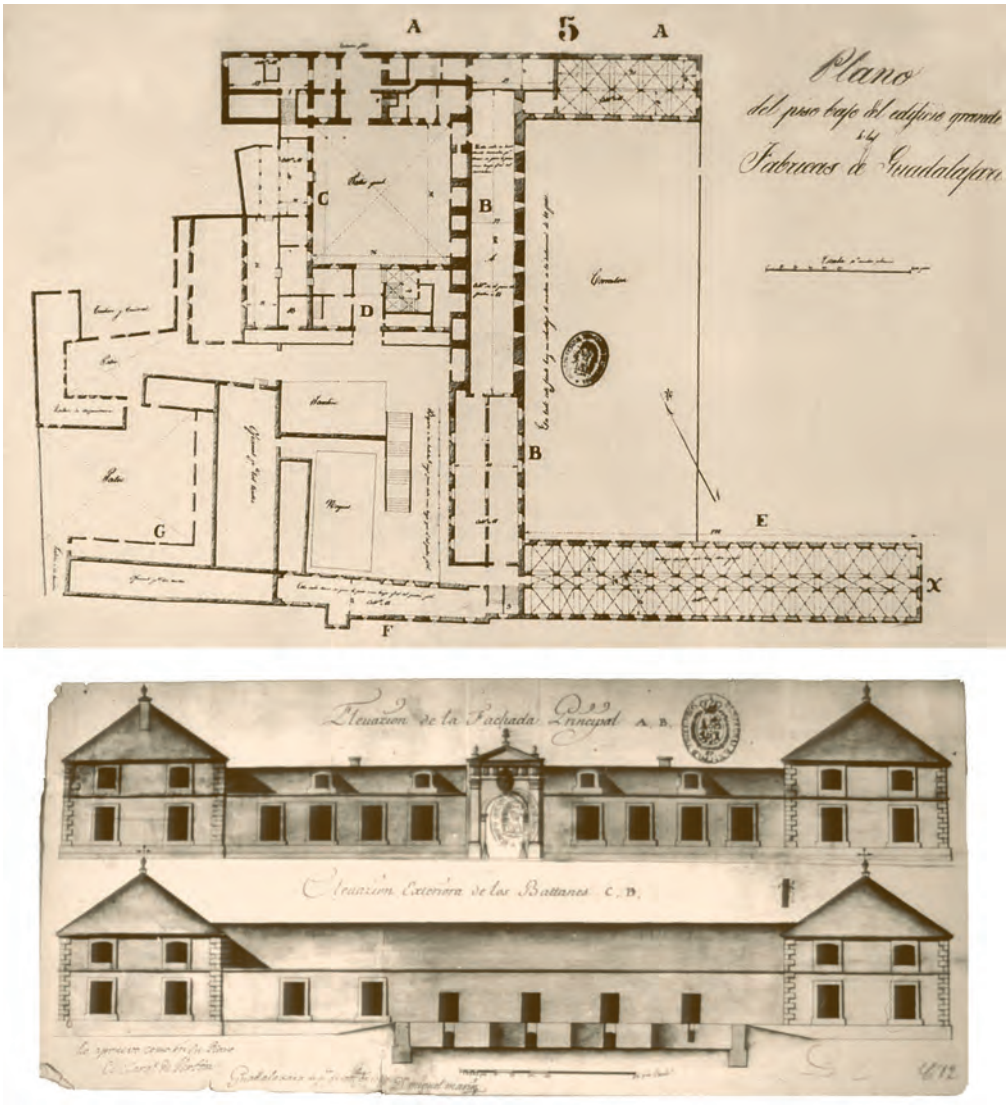
La **Real Fábrica de Paños de Guadalajara** se estableció en 1719 en un edificio reaprovechado, antigua casa del marqués de Montes Claros, dentro del recinto de la ciudad y próxima a una de sus puertas. Su núcleo principal, de tres alturas, se articulaba en torno a un patio cuadrado, al que se fueron añadiendo alas diversas que conformaron otros patios secundarios, según fue aumentando la producción. Fuera de la ciudad se construyó otro edificio para los batanes, movidos por fuerza hidráulica, cuyo proyecto firmó el ingeniero militar Miguel Marín en 1727.

En 1777 se inició otra fábrica, destinada a la producción de sarguetas, que se adosó a la fachada oeste del conjunto primitivo, aprovechando los restos del antiguo alcázar; siguió la misma tipología de bloque cerrado, de tres plantas de altura, en torno a un patio interior rectangular. La idea fue del maestro mayor y director de obras de la Real Fábrica, Diego García, quien en 1788 también se ocupó de la construcción de un nuevo edificio de tintes, en forma de paralelepípedo rectangular, situado fuera de la ciudad y próximo a los batanes. La complejidad espacial de la Real Fábrica, en torno a dos patios principales y otros secundarios, no debió de facilitar el desarrollo ordenado de las operaciones que integraban el proceso de producción[6].

---

[5] La bibliografía específica y esencial de los establecimientos mencionados se dará más adelante, cuando se haga referencia a cada uno de ellos. Las conclusiones generales a las que se ha llegado son fruto de la investigación desarrollada sobre la arquitectura industrial española del siglo XVIII, de la que son muestra A. RABANAL YUS, 1983 a 1990. Sobre la tipología de las fábricas privadas madrileñas, A. RABANAL YUS: «En torno a la introducción...», 1984; «Arquitectura industrial...», 1984; y «Las fábricas de Madrid...», 1988. Hacen referencia a la tipología en altura de las fábricas privadas de indianas del Arrabal de Barcelona M. LÓPEZ y R. GRAU, 1971, y J. CORREDOR-MATHEOS y J. M. MONTANER, 1984. La proyección de las tipologías dieciochescas en la arquitectura industrial de los siglos XIX y XX quedó ampliamente probada en la tesis doctoral de V. TORAL ALONSO, 1992, así como en los interesantes estudios sobre la arquitectura industrial posterior de J. SOBRINO SIMAL, 1989. Sobre la importante actuación de los ingenieros militares en la España del siglo XVIII, véase H. CAPEL *et alii*, 1983. Se ha dedicado un extenso artículo al tema urbanístico industrial, titulado «Urbanismo industrial borbónico en la España del Siglo de las Luces», presentado como ponencia al *I Simposio Internacional sobre Historia del Centro Histórico de la Ciudad de Méjico,* dedicado a estudiar *El impacto de las reformas borbónicas en la estructura de las ciudades. Un enfoque comparativo,* en S. LOMBARDO (coord.), Consejo del Centro Histórico de la Ciudad de México y Gobierno de la Ciudad de México, México D.F., 2000, pp. 285-324.

[6] Sobre la historia e importancia económica de la Real Fábrica de Guadalajara, A. GONZÁLEZ ENCISO, 1980, quien también hace referencia a los edificios del establecimiento, pp. 271-272. Existen



2.6. Real Fábrica de Paños de Guadalajara: *1) Planta del edificio principal, en el siglo XIX (Servicio Histórico Militar, n.º 1387/1); 2) Miguel Marín: alzados del proyecto para el batán, 1727 (Servicio Histórico Militar, n.º 1402).*

dos descripciones importantes de su compleja arquitectura, la del manuscrito de Antonio Martínez de Murcia, «Origen y Estado de las Reales Fábricas de Guadalajara» (h. 1745), fols. 47-52, Biblioteca Nacional, Manuscritos, 13005; y la realizada por Juan de Villanueva para presupuestar las obras necesarias en 1791, Archivo General de Simancas, Secretaría de Hacienda, leg. 780, Juan de Villanueva a Lerena, 12 marzo 1791.

En 1746 se incorporó a la Corona el lugar que más tarde recibiría el nombre de **Real Sitio de San Fernando**, con el propósito de establecer allí una fábrica de paños «superfinos» por cuenta de la Real Hacienda, que funcionase como sucursal de la de Guadalajara y superase los problemas surgidos en ésta. El conjunto del Real Sitio, actualmente centro histórico de San Fernando de Henares, estaba formado por un gran edificio destinado a las operaciones industriales, más una población erigida para alojar a extranjeros expertos en maniobras textiles, que se trajeron de diferentes países europeos para que ejercieran su oficio e impartiesen sus enseñanzas entre los españoles.

Único ejemplo de Real Sitio creado con fines estrictamente industriales, tuvo además un carácter agrícola desde su fundación, en un intento de autoabastecer de productos de primera necesidad a sus pobladores y fábricas.

La Real Fábrica de Paños, articulada en torno a un gran patio cuadrado, reunía tres zonas de diferente función: la representativa del poder, correspondiente al cuerpo central, sobresaliente de la fachada principal, albergaba en el piso bajo las oficinas de administración y la capilla, y en el alto, la vivienda del gobernador, garantía de orden y disciplina en el trabajo; una segunda zona, la fábrica propiamente dicha, se extendía en las tres alas restantes del piso bajo, cuyas amplias naves, cubiertas con bóveda de cañón sobre robustos pilares, se adaptaron correctamente a la proyección longitudinal de telares y prensas y al desarrollo de las operaciones del complejo proceso productivo. Los tendederos de paños se repartían entre el piso alto y el patio interior, que funcionaba como espacio abierto industrial y área de iluminación. La tercera zona, dedicada a almacenar los paños, se ubicaba en los sótanos y la planta superior.

Su espléndida fachada principal, que ha llegado milagrosamente a nuestros días, aunque en muy mal estado de conservación, posee un tono cortesano inspirado en modelos palaciegos franceses contemporáneos. En el cuerpo central se concentra una refinada decoración, labrada por los escultores Agustín del Corral y Andrés de los Helgueros, en la que se funde la influencia francesa con detalles piamonteses y otros del barroco castizo madrileño.

La nueva población, o villa industrial, se construyó para albergar a los trabajadores de la fábrica y satisfacer sus necesidades económicas, sociales, religiosas y político-administrativas. Estaba formada por dos amplias plazas abiertas, una cuadrada y otra redonda, vinculadas entre sí por la Calle Real, que, formando parte de las que irradiaban de la plaza circular, coincidía con el eje longitudinal del conjunto y conducía la vista hasta la fachada de la Real Fábrica, estudiado límite de la perspectiva. Las viviendas de ambas plazas se articulaban en dos grades alas en escuadra, de dos plantas en la primera, y en seis manzanas trapezoidales de una planta en la segunda. La plaza cuadrada combinaba las funciones de alojamiento con otros servicios económicos y sociales. En la redonda se proyectó construir, además, el ayuntamiento y la iglesia.

Algunos talleres se desglosaron de la fábrica y del núcleo de población, debido al riesgo que entrañaban sus maniobras o a la necesaria proximidad al río para el funcionamiento de las máquinas: tinte, batán, molino de papel y fábrica de sombreros, se

dispersaron en diferentes zonas, así como el matadero y cementerio, cuya lejanía anuncia también un nuevo concepto de higiene urbana.

Nada sabemos del autor del proyecto arquitectónico y urbanístico del Real Sitio, que debió de estar en manos de algún individuo del Real Cuerpo de Ingenieros Militares, buen conocedor de los modelos de ciudades ideales que aparecían en los abundantes tratados de arquitectura militar y fortificación que circulaban en su ambiente, en los que se había mantenido la tradición vitrubiana, siendo usual en sus grabados y textos la presencia de manzanas regulares, avenidas rectilíneas y plazas de diferentes formas geométricas, comunicadas entre sí. Los documentos sólo mencionan al equipo que se ocupó de las obras, dirigidas por los maestros Mateo Barranco y Manuel de Villegas, así como a los ingenieros Joaquín de Ripa y Elías Escot. Los trabajos se suspendieron en 1750, a causa de una epidemia de fiebres tercianas que provocó el traslado de la fábrica, y sus operarios, primero a Vicálvaro y después a Brihuega[7].

Excepcional en cuanto a la original organización de su planta fue la **Real Fábrica de Paños de Brihuega**, cuyo núcleo esencial, de forma cilíndrica, contrasta con los bloques cuadrados o rectangulares que usualmente conformaron las manufacturas reales. Ubicada cerca del establecimiento de Guadalajara, del que fue sucursal después del fracaso de San Fernando, y no lejos de la Corte, su construcción se ordenó en 1750. Descartado un primer proyecto, ya circular, de Manuel de Villegas, se prefirió el de Ventura Padierne, muy semejante pero con una mayor compartimentación espacial en la planta baja y una mayor diafanidad en la principal.

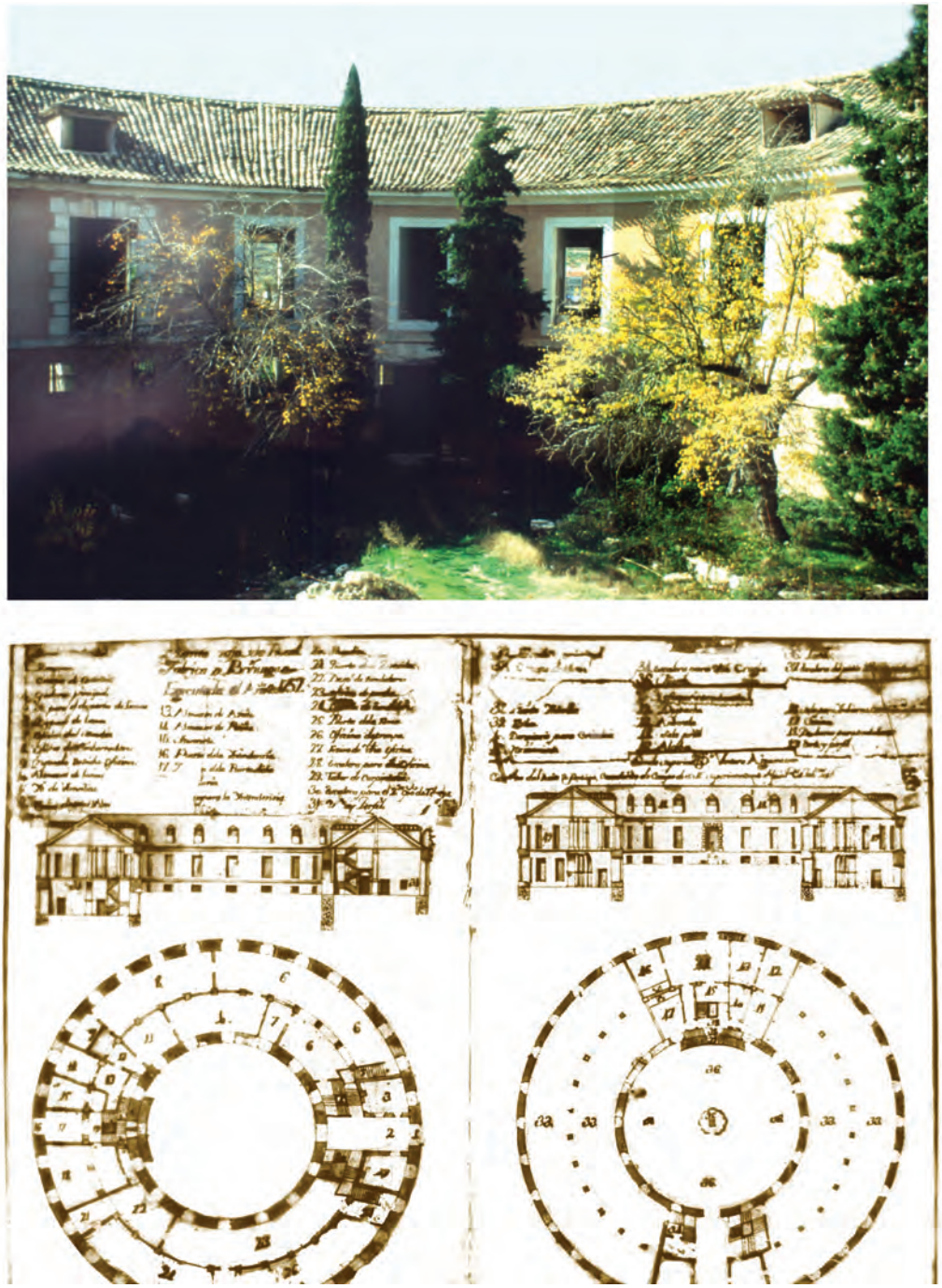
En 1752 este núcleo cilíndrico, en torno a un patio central de la misma figura, estaba finalizado, contando además el conjunto con un batán y un lavadero de lanas en las inmediaciones del río Tajuña. El desarrollo posterior de la Real Fábrica hizo necesarias obras de ampliación, entre ellas la construcción de dos naves paralelas que se adhirieron a la *rotonda* por su parte norte, intervención de la que se guarda un proyecto, con tres alternativas, firmado por Jaime Marquet[8].

En 1785 se encontraba en construcción, en el Real Sitio de **Aranjuez**, una **Fábrica de Lencería y Pintados** de la que se guardan dos planos en el Archivo General de Palacio, firmados por el arquitecto Manuel Serrano. Situada en las inmediaciones de la huerta del convento de San Pascual, al sureste de la población, el edificio presentaba una tipología típica de las fábricas reales urbanas, articulándose en un bloque cerrado de proporciones próximas al cuadrado. Sus dependencias se ordenaron en torno a tres patios interiores, mayor el más próximo a la fachada principal. Ésta albergaba las estancias destinadas al control y almacenamiento de los productos, así como los alo-

---

[7] A. RABANAL YUS, 1983. Sobre el funcionamiento económico de la Real Fábrica, A. GONZÁLEZ ENCISO, 1980 y 1996.

[8] Los tres proyectos mencionados, que se conservan en el Archivo General de Palacio, fueron publicados por V. TOVAR MARTÍN, 1980, pp. 51-60. Datos interesantes sobre las obras del edificio, en A. R. DOMÍNGUEZ SANTAMARÍA, 1982, pp. 163-178. Sobre su historia y desarrollo económico, A. GONZÁLEZ ENCISO, 1980.



2.7. Real Fábrica de Paños de Brihuega (Guadalajara): *1) Vista actual del patio circular; 2) Ventura Padierne: plantas y secciones del proyecto, 1752 (Archivo General de Palacio, n.º 418).*

jamientos de los operarios más cualificados y cargos burocráticos. Los talleres propiamente textiles, o Salas de Telares y Mazas, se extendían en las dos amplias alas que limitaban el edificio por la izquierda y fondo, y en otras dos, mucho más cortas, que flanqueaban y cerraban el espacio del patio izquierdo de los dos menores, situados detrás del principal.

El oratorio ocupaba el centro del conjunto, en el inicio del ala central, junto a la oficina de tintes. El ala derecha de la fábrica se reservaba a los servicios higiénicos, despensas, cocina y refectorio. El alzado de su fachada principal presentaba una rigurosa desornamentación. En su parte central se abría una amplia puerta que permitía el paso de los carros cargados de materias primas y productos manufacturados, flanqueada por seis vanos a cada lado. Sobre la planta baja se levantaba otra de buhardillas, destinada a viviendas o a almacenes de productos. Los patios se ordenaron con pilares de base cuadrada que recuerdan soluciones empleadas por Juan de Villanueva, con quien se relacionó Manuel Serrano en la obra de la Casa de Infantes del Real Sitio[9].

La **Real Fábrica de Tejidos de Algodón de Ávila** es el único ejemplo conocido hasta el momento de establecimiento industrial real de producción textil con una tipología arquitectónica distribuida en varios edificios o pabellones.

Este establecimiento se fragmentó en diferentes edificios, unos de nueva planta y otros aprovechados y reformados, urbanos y rurales. Seguramente, esta dispersión se debió al condicionamiento de sus necesidades hidráulicas, y a una interesante combinación de industria concentrada, para el desarrollo de ciertas operaciones más complejas, y dispersa, a través de la distribución de un número muy elevado de telares en las propias viviendas de los operarios. Sus instalaciones se repartieron dentro y fuera de la muralla de la ciudad, al sur y oeste, extendiéndose al lugar denominado Serna del Obispo, a una legua del núcleo urbano.

En 1788 está fechado el primer proyecto y presupuesto para su construcción, realizado por dos arquitectos locales, Ceferino de la Serna y Juan de Mendina, asesorados por maestros fabricantes ingleses, futuros directores de la manufactura. Las obras incluyeron la reforma del antiguo edificio de la academia militar, situado junto al convento de Carmelitas Descalzos y adherido al interior de la muralla, en una zona escasamente poblada, al sur de la ciudad, y en las proximidades de la puerta de Santa Teresa. En él se planteó la instalación de varios telares, oficinas de administración, almacenes y viviendas de los directores.

Al exterior de la muralla, en dirección oeste, sobre el río Adaja, cuyas aguas habrían de mover la rueda hidráulica, se había de construir de nueva planta otro edificio dedicado a las «hilanzas» de algodón, de tres plantas y proporciones muy alargadas. Además, en las «hilanzas» del lugar de La Serna, abundante en recursos hidráulicos, se arrendaron terrenos y edificios para el establecimiento de los obradores de tintes y «blanquería».

---

9 A. RABANAL YUS: «La industria y los Sitios Reales», 1987.

Debido a los cambios efectuados por el constructor, José González, se requirió la presencia del arquitecto José de la Ballina, que proyectó en 1792 un nuevo edificio que había de contener un batán, tintes y tendederos en el sitio de La Serna.

El interés de la fábrica de Ávila no solamente reside en su original disposición en pabellones, que provocaba una dispersión del proceso de producción, que comenzaba en las operaciones de hilado realizadas en las instalaciones suburbanas del molino del río Adaja, continuaba en los telares urbanos y finalizaba en el batán hidráulico y tinte, en situación rural, de La Serna. Además, tanto en el molino del Adaja como en el batán existió una clara tendencia a la construcción en planta rectangular alargada, solución básica en la tipología de la fábrica textil de la Revolución industrial.

La inclinación a la construcción en altura, patente en las tres plantas del molino del Adaja, vinculan el establecimiento abulense a los ejemplos construidos contemporáneamente en Inglaterra y otros países europeos, así como a la tipología de las fábricas de indianas de algodón que por iniciativa privada se erigían, por las mismas fechas, en el arrabal de Barcelona. La planta rectangular alargada, así como la construcción en altura, contrastan y resultan totalmente nuevas respecto al resto de las reales fábricas textiles españolas, que desarrollaron, como queda expuesto, una arquitectura de superficie. Su propia producción, dedicada a la elaboración de tejidos de algodón, nada tiene que ver con el resto de los establecimientos reales, destinados a fabricar tejidos de calidades suntuarias, más próximos a los gustos del Antiguo Régimen que a los productos típicos de la Revolución industrial[10].

III

Monopolios reales

La **Real Fábrica de Tabacos de Sevilla** es, sin duda, el edificio industrial más conocido popularmente entre todos los del siglo XVIII. Edificada en una situación suburbana, fuera de la cerca de la ciudad y al sur de ella, próxima al río Guadalquivir, su proceso de construcción se prolongó desde 1728 hasta 1760. En su concepción intervinieron afamados individuos del Real Cuerpo de Ingenieros Militares, que fueron erigiendo un enorme edificio en forma de bloque cerrado, horadado por un complejísimo sistema de patios, capaz de albergar las intrincadas y múltiples labores que integraban los procesos de producción.

Desechada la idea de construir la fábrica sobre las antiguas atarazanas, debido a la estrechez e incomodidad de los talleres que conformaban el establecimiento de San Pedro, donde se elaboraban los tabacos hasta ese momento, el primer proyecto

[10] A. RABANAL YUS, 1989, artículo en el que se cita la bibliografía histórica existente sobre el establecimiento.

del nuevo edificio fue del ingeniero militar Ignacio Sala, en 1728. Sala definió en ese momento la situación extramuros de la Real Fábrica, así como sus límites exteriores, próximos al cuadrado, articulando el espacio de la planta baja en dos zonas básicas: una palacial o de viviendas y oficinas de administración, y otra propiamente industrial. Ambas se encontraban separadas y sometidas a un potente eje de simetría, reforzado por el patio principal y un gran corredor abierto que lo atravesaba, poniendo en directa comunicación la puerta principal con la trasera.

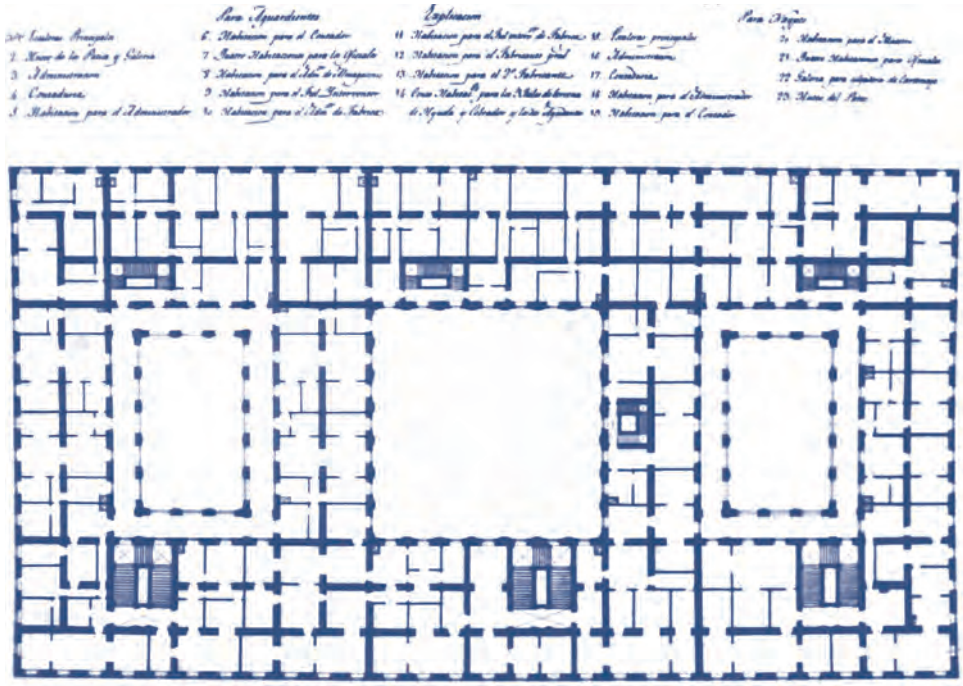
La zona de la fachada principal, hacia la ciudad, estaba destinada a contener un amplio vestíbulo, flanqueado por caballerizas y viviendas para los altos cargos del establecimiento, en torno a pequeños patios interiores. Oficinas de administración se distribuían a ambos lados de la calle central, que conducía al gran patio principal. En esta zona comenzaba la parte industrial propiamente dicha, en la que Sala aplicaba una solución constructiva organizada en una densa cuadrícula continua, seguramente derivada de la arquitectura de las "bóvedas a prueba de bomba" que los ingenieros militares usaban en las fortificaciones. Dicha cuadrícula era capaz de albergar los molinos y el movimiento de las acémilas. Estas áreas, así como los almacenes, se distribuían en el resto del edificio, ordenados según los diferentes procesos y fases de elaboración, en torno a otras dos calles o corredores situados en escuadra. La planta alta se destinaba a viviendas, graneros, moja, almacenamiento y oreo de tabacos.

En 1731 Diego de Bordick, también ingeniero militar, se hizo cargo del proyecto, manteniendo en líneas generales los planteamientos de Sala, cuyos cimientos ya se habían comenzado a construir, pero introdujo importantes novedades. Bordick potenció los espacios abiertos situados a lo largo del eje axial, transformándolo en un área de patios encadenados; aumentó el carácter palacial de la zona introductoria, mediante un gran vestíbulo elíptico, y precisó con rigor la parte destinada a fábricas y almacenes, que perdió la libertad de planta que le había otorgado Sala para ordenarse con unos criterios de simetría mucho más formalistas. Además de mejorar las comunicaciones entre las dos plantas, incrementó también las reservas hidráulicas de la moja con un elaborado conjunto de cisternas. Suprimió la cerca que había de rodear al edificio, proyectando una calle de viviendas frente a la fachada principal de la Real Fábrica.

Diferentes acontecimientos retrasaron las obras, que incluso llegaron a suspenderse. En 1750, otro ingeniero militar, José Barnola, se hizo cargo de su continuación; fiel a los proyectos de Sala y Bordick, redujo las dimensiones de los espacios abiertos interiores, y transformó las amplias calles simétricas interiores ideadas por Bordick en pequeños patios, con una intención clara de aumentar las zonas productivas.

El ingeniero militar Sebastián Van der Borcht fue el encargado de acabar las obras de la Real Fábrica, con las novedades introducidas por Barnola en el último proyecto, debiéndose a él la ordenación de los alzados del frente principal y su bella portada, así como la construcción de las viviendas de la calle de San Fernando, idea-

2.8. Interiores de la Real Fábrica de Tabacos de Sevilla, *actualmente, sede principal de la Universidad de Sevilla: 1) Primer patio, antiguamente denominado de las Cuadras; 2) Escalera principal; 3) Segundo patio, antiguamente denominado de la Fidelidad; 4) Lucernarios barrocos para las galerías de la segunda planta. (Fot.: Luis y Francisco Arenas, Universidad de Sevilla.)*



2.9. Proyecto de la planta principal de la Real Fábrica de Aguardientes y Naipes de Madrid, *Manuel de la Ballina (Archivo General de Palacio, n.º 280).*

das por Bordick, y el foso que rodea el edificio, que incrementaba sus medidas de seguridad[11].

Consecuencia de la actitud monopolizadora desarrollada por el Estado fue la construcción, en la Corte, de la **Real Fábrica de Aguardientes y Naipes**, situada en la calle de Embajadores, al sureste de la ciudad, que se transformó en fábrica de tabaco a principios del siglo XIX, función a la que ha seguido dedicada hasta hace pocos años.

Proyectada por el arquitecto Manuel de la Ballina, se edificó entre 1785 y 1796, aunque las primeras ideas de Ballina sobre el nuevo establecimiento están fechadas en 1780. Como aparejador se cita a Agustín de Torralba y Naranjo, y entre los delineantes, a Nicolás del Castillo, profesor de Arquitectura y discípulo de la Real Aca-

11 Sobre el lento y problemático proceso de construcción y proyecto del edificio, véanse L. CUEVAS ALCOBER, 1946; A. BONET CORREA, 1978 y 1984 (esta última publica una importante selección de planos inéditos de los diferentes proyectos para la Real Fábrica, entre ellos el de Ignacio Sala que se incluye en este artículo); T. FALCÓN MÁRQUEZ, 1982; y el estudio, con muy interesantes aportaciones documentales, de J. MORALES SÁNCHEZ, 1991. En torno a los diferentes miembros del Real Cuerpo de Ingenieros Militares, H. CAPEL *et alii*, 1983.

demia de San Fernando. Dos escultores vinculados a esa misma institución se ocuparon de las obras de ornato: José Guerra, del escudo de Armas Reales con sus adornos de piedra blanca de Colmenar, en la fachada principal; y José Rodríguez, de los cuatro escudos o mascarones de mármol de Granada de la fuente del patio central. José Giardoni, platero y broncista de la Real Casa, se ocupó de las inscripciones y adornos.

La planta de la Real Fábrica presenta la típica tipología urbana en bloque cerrado, en torno a tres patios interiores, el central cuadrado y mayor que los otros dos, laterales y rectangulares. Los sótanos albergaron las labores de aguardientes y resolíes, y la planta baja las operaciones de envasado, almacenaje y venta de estos productos, que en dicho nivel compartían el espacio con las estancias dedicadas a la fabricación, venta y almacenaje de naipes, maniobras que se debieron de desarrollar en el sector izquierdo del edificio; allí estuvieron enclavadas también las oficinas de administración y servicios de orden y vigilancia. El piso principal contenía más espacios de administración y viviendas para los maestros, así como «colgaderos» para el cartonaje de los naipes, que se extendían al último piso, de desvanes, que compartían con las viviendas destinadas al resto de los trabajadores[12].

Dos establecimientos se dedicaron en la Corte a la producción de salitre, lo que implica la aparición de una incipiente industria química en la capital y una clara intención de explotar sus escasos recursos naturales, convirtiéndose el salitre, pocos años después de su fundación, y juntamente con los naipes, en los únicos productos exportados en cantidades considerables por la Corte.

Al sureste de Madrid, la **Real Fábrica de Salitre** ocupaba una considerable superficie de terreno, desde el barranco de Embajadores a las proximidades del Hospital General, extendiéndose a ambos lados de la ronda de Valencia, pues parte de sus instalaciones estaban localizadas fuera de la cerca de la ciudad. Claramente visible en el plano de Madrid de Tomás López (1785), presentaba una tipología absolutamente diferente al resto de los establecimientos reales, condicionada por el proceso de obtención del salitre. Su planta estaba conformada por un conjunto de figuras rectangulares y circulares, alineadas en torno a vías de comunicación rectilíneas. Obra en la que intervinieron los arquitectos José y Manuel de la Ballina, en ella «ganaban el sustento muchos pobres»: llegó a dar trabajo a cuatro mil personas, lo que relaciona también su localización con la del Hospital General[13].

---

[12] A. URRUTIA, 1982, pp. 119-132, artículo en el que se publica una selección de los planos del proyecto de Ballina para el establecimiento, procedentes del Archivo General de Palacio; A. RABANAL YUS, «Las fábricas en Madrid...», 1988. Se alude también al edificio en A. RABANAL YUS: «En torno a la introducción y localización...», 1984, y «Arquitectura industrial del siglo XVIII en Madrid», 1984. Sobre la interesante figura del arquitecto Manuel de la Ballina, V. TOVAR MARTÍN, 1985.

[13] A. URRUTIA, 1982, p. 129, con documentación procedente del Archivo de Protocolos, alude a la realización del establecimiento entre 1778 y 1785, informando además de los arquitectos que se hacen cargo de la obra. A. RABANAL YUS: «En torno a la introducción y localización...», 1984; «Arquitectura industrial del siglo XVIII en Madrid», 1984; y «Las fábricas en Madrid...», 1988.

Al norte de la capital, fuera de su cerca, junto a la Puerta de los Pozos de la Nieve e inmediato a la Real Fábrica de Tapices, existió otro establecimiento relacionado con la producción de salitre. Incluido también en el plano de Tomás López de 1785, coincide en su situación y función, aunque no en el detalle de su planta, con un proyecto del arquitecto Manuel de la Ballina fechado en 1784 para una «**Fábrica de Filtraciones de Lejías** en la Puerta de los Pozos para la Real de Salitres de esta Corte». En él volvemos a encontrar las mismas formas geométricas puras y caminos de comunicación rectilíneos que en el establecimiento de la ronda de Valencia, aunque en este caso su distribución espacial se organizó con criterios más rigurosos[14].

IV

Establecimientos dedicados a la producción de objetos suntuarios

La **Real Fábrica de Tapices de Santa Bárbara** fue el primer establecimiento industrial concentrado, de cierta entidad y de protección real, que se instaló en la Corte. Fundado en 1721, durante el reinado de Felipe V, por los maestros Vandergoten de Amberes, se situó al norte de la ciudad, fuera de su cerca, en un antiguo molino de pólvora. En 1744 se trasladó el taller de alto lizo de la calle Santa Isabel y se unió a la manufactura de telar bajo que funcionaba allí.

El edificio, que se mantuvo en su primitiva localización hasta su demolición a finales del siglo XIX, aparece claramente diseñado, fuera de los límites de la villa e inmediato a la Puerta de Santa Bárbara, en el plano de Madrid de Chalmandrier, de 1761, en versión no exenta de fantasía, presentando un espacioso jardín-huerto que se mantiene en el plano de Madoz de 1848; en éste se puede apreciar que la Real Fábrica fue ampliada considerablemente, encerrando entonces tres patios en su interior. Entre 1759 y 1803 se realizaron obras por los arquitectos Pablo Ramírez, Francisco Sabatini, José de la Ballina y Juan de Villanueva[15].

Escasas son las noticias sobre el edificio de la **Real Fábrica de Porcelana del Buen Retiro**, cuyas obras comenzaron en 1759, en los inicios del reinado de Carlos III. Excepcional fue su situación, pues se localizó dentro de los jardines de aquel Real Sitio, al este de la villa. Se erigió en el emplazamiento de la antigua ermita de San Antonio de los Portugueses, transformada para sus nuevas funciones industriales, pues en ella se

---

[14] A. RABANAL YUS: «En torno a la introducción y localización...», 1984; «Arquitectura industrial del siglo XVIII en Madrid», 1984; y «Las fábricas en Madrid...», 1988. El proyecto mencionado de Manuel de la Ballina se conserva en el Archivo Central del Ministerio de Hacienda, Planos, n.º 22.

[15] Existe una extensa bibliografía sobre la Real Fábrica, dedicada primordialmente a su historia y fastuosa producción, que se detalla en A. RABANAL YUS: «En torno a la introducción...», 1984, y «Arquitectura industrial del siglo XVIII en Madrid», 1984. Noticias sobre obras en la Real Fábrica, en el periodo cronológico mencionado, en Archivo General de Palacio, Reinados, Carlos III, leg. 280.

instalaron los talleres. A su alrededor se dispuso una amplia planta cuadrada, de tres alturas, destinada a albergar las viviendas de operarios, según proyecto de Antonio de Borbón. Su planta se aprecia claramente en el citado plano de Tomás López de 1785[16].

La **Real Fábrica de Platería de Martínez** tuvo diversos emplazamientos antes de su definitiva localización en el paseo del Prado. Instalada en 1777 en la calle de Francos, se trasladó primero a la de Alcalá y después a la de Infantas esquina a Libertad. Estos cambios se produjeron, sin duda, por no alcanzar la amplitud y condiciones exigidas por Antonio Martínez para conseguir un óptimo desarrollo de las operaciones. Finalmente, en 1792 Martínez pidió licencia para la construcción de un nuevo establecimiento en la esquina de la calle Huertas con el paseo del Prado, presentando un exquisito proyecto de fachada, firmado por el arquitecto académico Francisco Rivas.

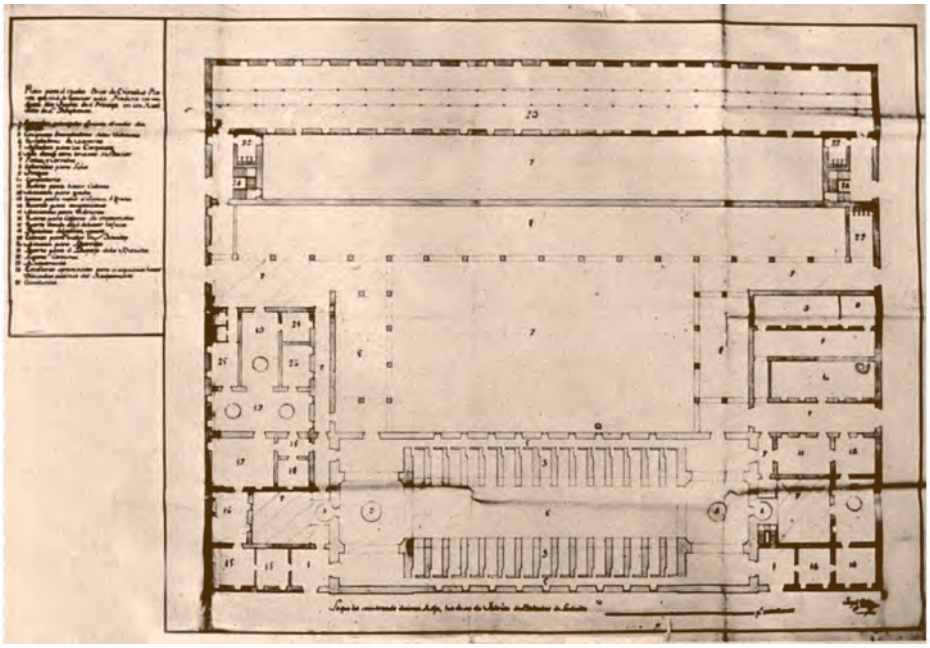
El edificio seguía la tipología característica de la fábrica urbana, de planta cerrada en torno a patios interiores. Según la maqueta de León Gil del Palacio que guarda el Museo Municipal de Madrid (1830), su planta era de proporciones rectangulares, con dos patios interiores consecutivos, alineados por un eje axial, y un jardín trasero. La fachada principal se abría en uno de los lados menores y presentaba una bella columnata dórica y un pórtico central, que recordaban estrechamente las soluciones aplicadas por Villanueva en el Gabinete de Historia Natural, actual Museo del Prado. Se accedía por un vestíbulo que conducía a una sala octogonal donde se exhibían las piezas producidas. El ala que daba al paseo del Prado albergaba un amplio taller. Las forjas y fundiciones estaban situados entre los dos patios, y la planta baja se reservaba a molinos y otras máquinas.

La situación y el carácter monumental de la citada Real Fábrica dan idea de la entusiasta aceptación que en este momento de la Ilustración se concede al desarrollo industrial y técnico. El paseo del Prado era entonces un espacio público donde se situó un considerable número de edificios con fines científicos, entre los que hay que incluir no sólo la Platería de Martínez, sino también la Real Fábrica de la China erigida en sus inmediaciones[17].

---

16 La bibliografía sobre este establecimiento es también extensa en cuanto a su producción e historia. A ella se hace referencia en A. RABANAL YUS: «En torno a la introducción y localización...», 1984, notas 49-51; «Arquitectura industrial del siglo XVIII en Madrid», 1984; «La industria y los Sitios Reales», 1987; y «Las fábricas en Madrid en la segunda mitad del siglo XVIII», 1988; así como el catálogo de la exposición *Manufactura del Buen Retiro, 1760-1808*, 1999. Excepcionalmente el texto de M. PÉREZ VILLAMIL (1904) aporta interesantes novedades documentales sobre la arquitectura de la Real Fábrica, que se complementan con las aportaciones de C. MAÑUECO SANTURTÚN, 1999.

17 Como en el resto de las fábricas madrileñas dedicadas a la producción de artículos suntuarios, existe una amplia bibliografía dedicada eminentemente a la historia y productos de la manufactura, a la que se hace referencia en A. RABANAL YUS: «En torno a la introducción...», 1984, nota 61; «Arquitectura industrial del siglo XVIII en Madrid», 1984; y «Las fábricas en Madrid...», 1988. El proyecto de la fachada de Francisco Rivas se conserva en el Archivo de la Secretaría del Ayuntamiento de Madrid, 1-52-97.



2.10. Proyecto de la Real Fábrica de Cristales Planos del Real Sitio de San Ildefonso (Segovia), 1770, *por José Díaz Gamones (Archivo General de Palacio, n.º 1014).*

Las primeras noticias sobre la fabricación de cristal en el **Real Sitio de San Ildefonso** son las relativas al permiso concedido en 1727 a dos maestros catalanes, Ventura Sit y Carlos Sac, para fundar un establecimiento dedicado a la elaboración de vidrios planos para ventanas y carruajes, que se instaló en la zona este de la población. En 1736 pasó a ser de protección real, decidiéndose unos años más tarde que aumentase la calidad y variedad de su producción, por lo que se trajeron maestros expertos y se encargó en 1747 el proyecto de un nuevo edificio, que fue realizado por Manuel del Valle y José de la Calle. Rectangular en su planteamiento, se otorgaba especial atención al núcleo integrado por el horno y los templadores, que quedaba aislado, por un largo corredor y pequeños patios, de las oficinas secundarias, que formaban una escuadra en torno a aquél.

En sus inmediaciones comenzaron además, en 1748, las obras de una casa para las operaciones del «pulimento y raspamento», últimas fases del proceso de producción. Por esas fechas proyectó Valle una nueva fábrica de cristales «labrados» para vajillas y piezas de adorno, cuyo trazado presentaba una mayor regularización, ordenándose sus dependencias en torno a un patio rectangular central. En 1749 se proyectó duplicar su volumen edificando una fábrica de minio, producto esencial para la fórmula del cristal, que se debía ubicar al este de la anterior, con el mismo criterio de situar las dependencias en torno a un patio rectangular central. Ambas fábricas

hubieran formado un único edificio en la antigua calle del Horno, detrás de la iglesia del Rosario.

En 1770, y como consecuencia de un incendio, se planteó la construcción de una nueva fábrica de cristales planos fuera de la población del Real Sitio y en las proximidades de su cerca, con el fin de evitar nuevos riesgos, que se encargó a José Díaz Gamones, aparejador del Real Sitio. La planta se articuló en torno a un gran patio rectangular, ocupando el lado sur una gran nave, cubierta con bóveda de ladrillo, destinada a albergar las mesas de vaciar y los templadores. Delimitada ésta por otras dos transversales, a manera de cruceros, los hornos de fusión se situaron en estos tramos centrales, cubiertos con cúpulas semiesféricas de ladrillo sobre pechinas, y rematados ambos tramos en dos ábsides ultrasemicirculares donde se situarían los templadores de morteros. En esta zona se realizaban las operaciones esenciales del proceso de producción. Las dependencias secundarias se situaron al este y al oeste, limitando el patio por sus lados menores y dando lugar, a su vez, a otros pequeños patios. La zona norte se destinó a las últimas operaciones del raspamento, que se habrían de realizar en una amplia nave, de proporciones muy alargadas, provista de corredor central y separada del resto de la fábrica por otro patio de dimensiones semejantes.

En 1785 se decidió trasladar la fábrica de cristales labrados a la nueva de planos, obra que corrió al cargo de Juan de Villanueva, quien instaló las dependencias industriales en la crujía este, distribuyendo las viviendas de los operarios en aquélla y en la del norte, reforma en la que se adaptó plenamente al lenguaje arquitectónico desarrollado anteriormente por Díaz Gamones[18].

V

Reales fundiciones

Los diferentes proyectos realizados a lo largo del siglo para la **Real Fundición de Artillería de Bronce de Sevilla** muestran una clara evolución desde una primera concepción espacial unitaria e indeterminada hasta una jerarquización y precisión rigurosa de sus partes, para finalizar en una yuxtaposición de núcleos de trabajo prácticamente independientes. Estos cambios se efectuaron, sin duda, para conseguir una mejor adaptación del espacio al desarrollo del proceso de producción.

El proyecto ideado por el ingeniero general Jorge Próspero Verboom en 1725, cuyas obras se suspendieron cuatro años más tarde, fue definitivo para el desarrollo posterior del edificio. Verboom ordenó el espacio en una cuadrícula continua forma-

[18] Sobre la arquitectura de los edificios de la Real Fábrica informan V. TOVAR MARTÍN, 1978, pp. 58-64; M. J. CALLEJO DELGADO, 1986, 1988 y 1996; A. RUIZ HERNANDO y M. J. CALLEJO DELGADO, 1988; y P. PASTOR REY DE VIÑAS, 1993 y 1994.

da por la superposición de dos sistemas constructivos, uno arquitrabado y otro abovedado sustentado por el primero, solución que se mantuvo en todos los proyectos posteriores y que, como se ha comentado, tendría su origen en las fórmulas abovedadas de las fortificaciones.

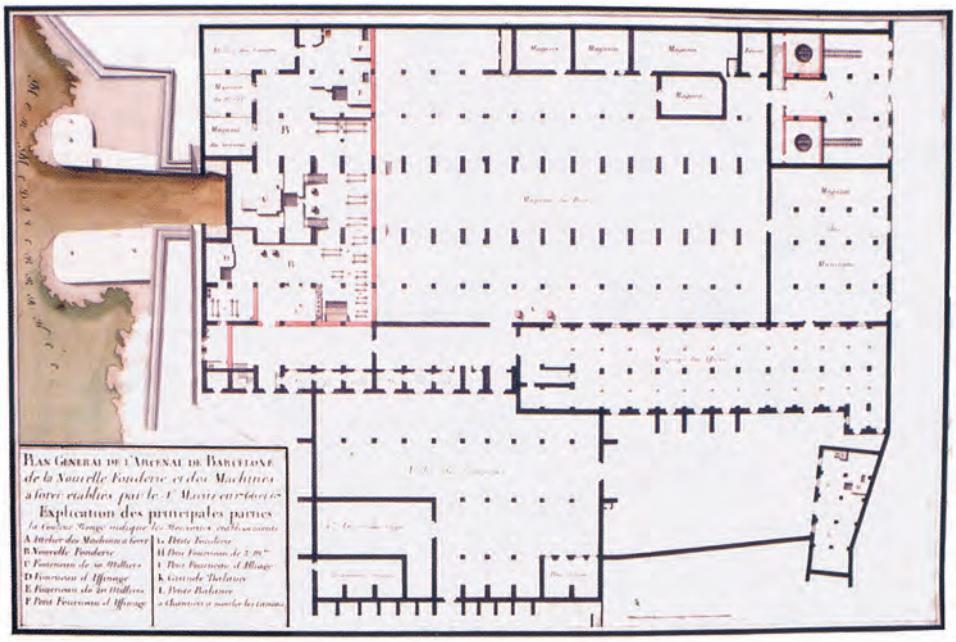
Se consiguió así un espacio indefinido e indeterminado, una especie de gran contenedor que poseía una máxima libertad de planta, tanto en lo relativo a la distribución de talleres y desarrollo del proceso de producción como de cara a posibles ampliaciones, sistema de transportes y comunicaciones interiores. Incluso la altura del edificio se podía modificar, de juzgarse necesario, gracias a la independencia de las bóvedas. Ninguna parte se sometía a otra en el edificio pensado por Verboom, cuyos límites irregulares se ajustaban a las calles perimetrales del Arrabal de San Bernardo, abriéndose la Real Fundición hacia el sur, de espaldas a la ciudad. La situación que dio al gran horno de fundición, al norte del edificio, con su fosa hacia el sur, marcó también la pauta de posteriores proyectos, convirtiéndose sus dimensiones en reguladoras de las de la cuadrícula y, consecuentemente, del espacio del establecimiento.

Escasas noticias poseemos del proyecto, fechable en 1730, propuesto por el ingeniero militar Ignacio Sala, cuya construcción, asimismo interrumpida, dirigió el también ingeniero Juan Vergel. Al parecer implicaba la ampliación del edificio, que se ordenaba ahora en torno a un gran patio interior, zona de iluminación, ventilación y vigilancia, y elemento ordenador y jerarquizador del espacio industrial, manteniendo la cuadrícula que Verboom había aplicado.

Importantes novedades presentó el tercer proyecto para la Real Fundición, ideado por el artillero Juan Manuel de Porres en 1759. En él era esencial un nuevo concepto de jerarquización del espacio, que se sometía ahora a un único eje de simetría, en el que situó el gran horno de fundición, y un amplio patio, rescatado del proyecto de Sala, que implicó un progresivo deseo de precisión espacial, aun prevaleciendo una concepción unitaria. Porres respetó el área construida del proyecto de Verboom, pero la redujo a la preponderancia de la nueva zona proyectada, que contenía el gran horno de fundición, cuyas dimensiones seguían definiendo las de la cuadrícula, que ahora se cubría con bóvedas de arista horadadas por lucernarios.

El horno de fundición marcaba fuertemente el eje de simetría. Su elevada posición, para evitar humedades y favorecer la aireación, determinaba una mayor altura de las naves. Sobre él se erigía una cúpula que subrayaba su importancia como núcleo esencial del proceso de producción. El amplio patio, al sur y también en el eje de simetría, funcionaba como elemento ordenador. El proyecto incluía también la conexión de las puertas con las calles del arrabal, concediendo importancia de primer orden a la ventilación e iluminación cenital.

En 1766 se hizo venir de Francia a Jean Maritz, inspector general de las fundiciones de la Marina y del Ejército galos, con el fin de renovar y ampliar los establecimientos barcelonés y sevillano. Su proyecto para el segundo supuso una rotunda afirmación de la jerarquización espacial de la Real Fundición, que aunque siguió

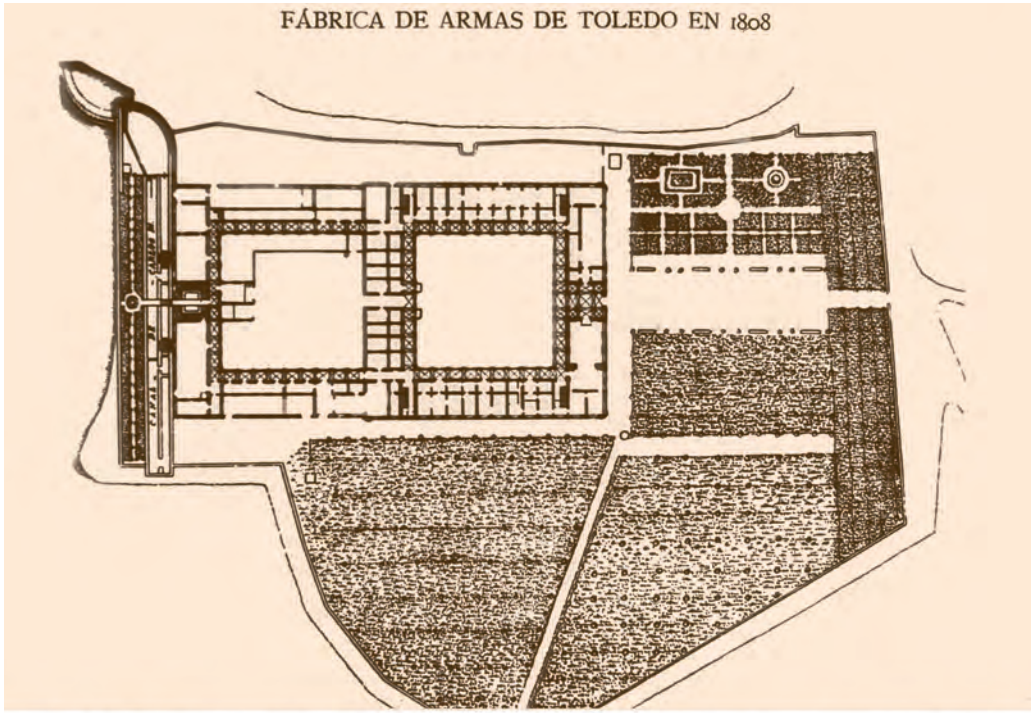


2.11. Planta del Arsenal de las Reales Atarazanas de Barcelona, *con las nuevas instalaciones de la Real Fundición de Artillería de Bronce, según proyecto de Jean Maritz, 1766 (Servicio Histórico Militar, n.º 7030).*

manteniendo su unidad a través de eficaces comunicaciones entre los talleres, presentó zonas claramente separadas según su función, definiéndose ahora su espacio con rigurosa precisión.

La «Nueva Fundición» de Maritz era un rectángulo totalmente independiente, capaz de contener tres grandes hornos. Núcleo esencial del establecimiento, se componía de nueve naves formadas por siete cuadrículas, presentando siete de aquéllas mayor elevación, y mantenía la cúpula sobre el horno central. Los hornos de fundición, destinados a la producción de artillería gruesa, continuaron situándose al norte, como en los anteriores proyectos, precisándose ahora la función exacta de todos los espacios que rodeaban el edificio. Maritz trasladó el patio desde el interior de la fundición y lo situó ante ella, cambiando la orientación del edificio, que ahora se abrió hacia la ciudad. Localizó en él los talleres y almacenes donde se debían llevar a cabo las primeras operaciones del proceso de producción.

La «Antigua Fundición», parte superviviente del proyecto de Verboom, se reformó y destinó a hornos menores para piezas de calibres reducidos y ensayos de metales. La zona del antiguo patio interior perdió importancia, dedicándose ahora a la descarga y almacenamiento de metales, y al desarrollo de las últimas operaciones productivas. Las obras realizadas en los veinticinco años finales del siglo se concentraron en la ampliación del edificio hacia el oeste, reforma que estableció un nuevo



2.12. Real Fábrica de Espadas de Toledo: *1) Planta, en 1808 (*Memorial de Artillería*, 1908); 2) Vista del primer patio del establecimiento.*

eje axial, al oeste de las construcciones de Maritz, dando lugar a dos núcleos industriales complementarios, composición que se ha mantenido hasta nuestros días[19].

La **Real Fundición de Artillería de Bronce de Barcelona** tuvo, a lo largo del siglo XVIII, dos situaciones sucesivas. Desde 1733 tenemos noticias de su funcionamiento, instalada entonces junto a la muralla de la Rambla, al noroeste, fuera del núcleo de la ciudad medieval y abierta hacia el Arrabal. Su organización espacial era lineal y secuencial, formada por un conjunto de talleres agrupados en dos edificios yuxtapuestos: uno de ellos contenía el gran horno de fundición, la moldería y las barrenas, y el otro, dos estancias para los hornos de afino y otro de fundición menor. En las obras llevadas a cabo entre 1733 y 1749 intervinieron miembros de los Reales Cuerpos de Artillería e Ingenieros Militares, como Carlos Beranguer, Juan Rafael Silby y Juan Martín Zermeño.

Como consecuencia de la llegada de Jean Maritz a España, la fundición se trasladó al recinto de las antiguas Atarazanas, al sureste de la ciudad, en las inmediaciones del puerto, por donde llegaban las materias primas empleadas (cobre de Indias y estaño) y por donde se habrían de transportar las piezas fabricadas.

El carácter estratégico del lugar, fortificado y aislado, inaccesible a posibles motines ciudadanos, fue sin duda decisivo en la elección, así como la posibilidad de reunir en el mismo edificio el Arsenal de Artillería y la Real Fundición. Esta doble función limitó y fragmentó los talleres, pues las barrenas, las herrerías y la «pequeña fundición» quedaron diseminadas en zonas perimetrales del núcleo de naves de las Atarazanas. La amplia «Nueva Fundición» creada por Maritz en el espacio indeterminado del edificio medieval, capaz de albergar un proceso productivo de mayor complejidad, reunió almacenes, moldería, hornos de fundición y de afino, superando así las limitaciones del primer establecimiento[20].

La **Real Fábrica de Espadas de Toledo** tuvo también dos emplazamientos diversos a lo largo del siglo. En 1761 se situó en un edificio anteriormente utilizado como fábrica de moneda, en el interior del núcleo urbano, al norte de la plaza de Zocodover. En 1772, Francisco Sabatini, arquitecto y miembro del Real Cuerpo de Ingenieros Militares, proyectó un nuevo edificio al exterior de la cerca de la ciudad, vinculado con dos de sus puertas por alamedas. Se inspiró en el modelo napolitano de Torre Annunziata, anterior obra suya, y en el proyecto de ampliación realizado posteriormente por Ferdinando Fuga para aquel establecimiento.

Sabatini ideó un edificio en bloque cerrado, articulado en torno a dos patios consecutivos de proporciones prácticamente cuadradas, unidos en sentido longitudinal

---

19 A. RABANAL YUS: «El reinado de Carlos III en la arquitectura...», 1988, pp. 103-113; y *Las reales fundiciones españolas del siglo XVIII*, 1990, pp. 75-134; J. HELGUERA QUIJADA, 1987; P. MORA PIRIS, 1994; y la posterior tesis doctoral de A. ROIG DEL NEGRO, 2001.

20 A. RABANAL YUS: «Noticias sobre la Real Fundición de Artillería de Bronce de Barcelona», 1988; y *Las Reales Fundiciones Españolas*, 1990, pp. 135-164; J. HELGUERA QUIJADA, 1987.

y vinculados por un mismo eje de simetría. El primer patio adoptó unas funciones prácticamente urbanas, al contener los servicios religiosos, de orden y alojamiento tanto de operarios como de representantes del poder, y cumplió al mismo tiempo unos requisitos de almacenaje y polarización de comunicaciones con el exterior. El segundo patio era una zona fabril, con talleres y oficinas de administración en la planta baja, rematados por desvanes destinados al alojamiento de los operarios. El núcleo esencial de la parte industrial se situó en el lado oeste, ya que la máquina que realizaba la operación del amolado o desbastado de las espadas era hidráulica y tenía que estar situada junto al río, factor que había determinado la situación de la Real Fábrica en el exterior del núcleo urbano.

El edificio presentó además la novedad, siendo un establecimiento suburbano, de incorporar viviendas suficientes para todo el personal administrativo y laboral. Sabatini debió de tomar esta idea del proyecto de ampliación de Fuga ya citado, que además parece derivar directamente de las recomendaciones de J. F. Blondel. La Real Fábrica se convirtió así en un elemento integrador de la vida laboral y privada de todos cuantos allí trabajaban. Sabatini planteó, además, en los alzados, un lenguaje rigurosamente clasicista y desornamentado[21].

La construcción de la **Real Fábrica de Municiones de Hierro de Eugui**, en Navarra, comenzó en 1766, según la idea del conde de Rostaing, coronel de Artillería de Francia, y bajo la dirección de Francisco Javier de Clairac, oficial del Real Cuerpo de Artillería. Eugui constituyó el primer ejemplo de espacio industrial ordenado en pabellones, situados según su función en el proceso de producción, con el fin de obtener una máxima eficacia en el desarrollo de las operaciones.

Se planteó una rigurosa separación entre la zona propiamente industrial y la destinada a servicios de residencia, orden, defensa y abastecimiento. Su situación era plenamente rural, articulándose en tres líneas paralelas de edificios o pabellones que se adaptaban, en diferentes niveles, a la accidentada orografía en la que la Real Fábrica se estableció.

El núcleo industrial reunía los talleres, ordenados según un criterio jerarquizador, pues la refinería y el taller de hornos de fundición generaban en sus inmediaciones una serie de recintos secundarios dedicados a la limpieza y revisión de las municiones fabricadas, almacenes, cerrajerías y carpintería. Las carboneras, que formaban una segunda línea al otro lado del río, estaban situadas a un nivel más elevado para facilitar su descarga, a través de una plataforma aérea erigida sobre aquél, hasta alcanzar la boca superior del horno, lográndose así una óptima ordenación espacial entre la reserva energética, el horno de fundición y el río, que proporcionaba la fuerza necesaria para el movimiento de los fuelles y ruedas, tema inspirado en los modelos ofrecidos por la famosa *Encyclopédie* de Diderot y D'Alembert.

---

21 F. MARÍAS, 1980, 1983 y 1993; A. RABANAL YUS, 1990, pp. 165-218.

Siguiendo un planteamiento semejante, se comenzó en 1784 la construcción de la **Real Fábrica de Municiones de Hierro de Orbaiceta**, también en la zona septentrional de Navarra, no lejos de la anterior. Su construcción se debió asimismo a oficiales del Real Cuerpo de Artillería, y se articuló igualmente en tres niveles, formando cuatro líneas paralelas de proyección longitudinal que se adaptaron a la orografía del terreno, cuyos desniveles se aprovecharon para alcanzar una máxima coordinación espacial entre los diferentes talleres. En el más elevado se ubicó la población, donde se hallaba la zona de residencia y los servicios religiosos y de abastecimiento, ordenados en torno a una gran plaza rectangular cuya parte sur, que contenía los depósitos de menas, formaba una zona de transición con el área industrial.

Esta última se construyó en un nivel más bajo, articulada en dos núcleos prácticamente idénticos, formados por sendos talleres de hornos que incluían los de moldería y generaban dependencias complementarias destinadas al reconocimiento y limpieza de las municiones, cerrajería y carpintería. Las carboneras, que habían de abastecer las bocas altas de los hornos de fundición, se alzaron al otro lado del río y a un nivel más elevado para facilitar su descarga, a través de una plataforma aérea que, situada sobre el río, seguía el modelo ensayado en Eugui. Nuevamente el horno de fundición era el elemento ordenador del espacio industrial y, además, generador de los talleres complementarios según el orden de las operaciones que integraban el proceso de producción[22].

La **Real Fábrica de Municiones de Hierro de San Sebastián de La Muga,** en la provincia de Gerona, se construyó entre 1768 y 1771 según proyecto de Jean Maritz. El establecimiento, en una situación plenamente rural, en función de la Real Fundición y Arsenal de Artillería de Barcelona, se distribuía también en pabellones independientes ordenados en torno a una amplia plaza rectangular y abierta. En ella existía, asimismo, una clara separación entre zona residencial e industrial, aunque todos sus edificios formaban parte de un único espacio urbano.

En el ala sur de la plaza estaba situado el horno de fundición, pieza clave del conjunto y generadora del resto de los pabellones que integraban la Real Fábrica. En sus proximidades se localizaban los almacenes de carbón y útiles, tornería y herrería. La zona residencial ocupaba la escuadra noroeste, reuniendo los edificios de viviendas de operarios y empleados[23].

Las **Reales Fábricas de Latón, Cobre y Cinc de San Juan de Alcaraz**, construidas en la provincia de Albacete entre 1773 y 1800, presentaron igualmente una tipología en pabellones, que se articulaban en diversos núcleos de producción dispersos por un extenso territorio. En el mayor de ellos, San Juan, todavía parte de sus instalaciones se sometían a un único eje de simetría, formando una plaza cuadrada

22 A. RABANAL YUS: *Las Reales Fábricas de Municiones...,* 1987; J. HELGUERA QUIJADA, 1984 y 1987.

23 A. RABANAL YUS, 1990, pp. 219-233.

integrada por las dependencias destinadas a almacén, oficinas de administración, servicios religiosos y de alojamiento. En relación con aquélla, y en sus inmediaciones, se alzaban los talleres industriales más antiguos de la Real Fábrica, como fueron el molino de calamina, la fundición de latón y la fábrica de alambres, con sus correspondientes almacenes. Otros dos núcleos de producción, con sus respectivas viviendas y almacenes, se alzaron en este mismo establecimiento de San Juan en torno a dos martinetes hidráulicos, planteados con un criterio mucho más libre, a lo largo del canal que proporcionaba la energía necesaria para su actividad. Estos mismos principios prevalecieron en la ordenación de los otros tres núcleos industriales que integraban estas reales fábricas, y que recibían los nombres de San Jorge, San Luis y San Miguel, dispersos por el territorio circundante con el fin de obtener un mejor aprovechamiento de la energía hidráulica[24].

BIBLIOGRAFÍA

BONET CORREA, A.: *Andalucía Barroca*, Barcelona, Polígrafa, 1978.

—«Fábrica de Tabacos de Sevilla, primer edificio de la arquitectura industrial en España», *Sevilla y el Tabaco*, Sevilla, 1984.

CALLEJO DELGADO, M. J.: «La Real Fábrica de Cristales de La Granja», *Reales Sitios*, II trimestre, 1986, pp. 45-52.

—*El Real Sitio de San Ildefonso*, tesis doctoral n.º 127/88, Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Geografía e Historia, Departamento de Historia del Arte, 1988 (3 vols.).

—*El Real Sitio de La Granja de San Ildefonso*, Madrid, Lunwerg, 1996.

—*La Granja de San Ildefonso. Sus calles, plazas y monumentos*, Ayuntamiento de San Ildefonso-La Granja, 2004.

CAMPOMANES, P. R. de: *Apéndice a la Educación Popular*, Madrid, 1775-1777 (5 vols.).

CAPEL, H., *et alii*: *Los Ingenieros militares en España. Siglo XVIII,* Barcelona, Universidad, 1983.

CORREDOR-MATHEOS, J. y MONTANER, J. M.: *Arquitectura industrial en Cataluña. Del 1732 al 1929*, Caja de Barcelona, 1984.

CUEVAS ALCOBER, L.: *Un ejemplar español de arquitectura industrial del siglo XVIII*, Madrid, 1946.

DOMÍNGUEZ SANTAMARÍA, A. R.: «La Real Fábrica de Paños de Brihuega», *Wad-Al-Hayara*, n.º 9, 1982, pp. 163-177.

[24] A. RABANAL YUS, 1990, pp. 237-256; y «El reinado de Carlos III en la arquitectura...», 1988. Sobre la historia y aspectos económicos del establecimiento, J. HELGUERA QUIJADA, 1984.

ENCYCLOPÉDIE ou Dictionnaire Raisonné des Sciences, des Arts, et des Métiers, par une société des Gens de Lettres..., París-Neuchâtel, 1751-1765.

FALCÓN MÁRQUEZ, T.: «Universidad de Sevilla. Antigua Fábrica de Tabaco», *Aparejadores*, n.º 9, 1982, pp. 20-27.

FERNÁNDEZ PINEDO, E.; GIL NOVALES, A. y DÉROZIER, A.: «Manufacturas y artesanado», *Centralismo, Ilustración y agonía del Antiguo Régimen (1715-1833)*, en M. TUÑÓN DE LARA, M. (ed.): *Historia de España*, vol. VII, Barcelona, 1980.

GONZÁLEZ ENCISO, A.: *Estado e industria en el siglo XVIII: la fábrica de Guadalajara*, Madrid, FUE, 1980.

—«El Real Sitio de San Fernando y sus fábricas textiles en el siglo XVIII», en *Jornadas sobre el Real Sitio de San Fernando y la industria en el siglo XVIII*, Madrid, Ayuntamiento de San Fernando de Henares, 1996.

HELGUERA QUIJADA, J.: *La industria metalúrgica experimental: las Reales Fábricas de San Juan de Alcaraz, 1772-1800,* Valladolid, 1984.

—*El Estado y la modernización de la industria metalúrgica española en el siglo XVIII: las fundiciones de artillería*, tesis doctoral, Universidad de Valladolid, 1987.

LÓPEZ, M. y GRAU, R.: «Barcelona entre el urbanismo barroco y la revolución industrial», *Cuadernos de Arquitectura y Urbanismo*, n.º 80, 1971, pp. 28-40.

MAÑUECO SANTURTÚN, C.: «La Real Fábrica de Porcelana del Buen Retiro a través de sus documentos», en *Manufactura del Buen Retiro (1760-1808),* catálogo de exposición, Madrid, Museo Arqueológico Nacional, 1999, pp. 17-128.

MARÍAS, F.: «El edificio de la Real Fábrica de Espadas de Carlos III», en *Bicentenario de la Fábrica Nacional de Armas de Toledo,* Toledo, 1980, pp. 179-206.

—«Francisco Sabatini y la Real Fábrica de Armas de Toledo», en *Miscelánea Conmemorativa de la Universidad Autónoma*, Madrid, 1983, pp. 49-67.

—«La fábrica de armas de Toledo o la suntuosidad utilitaria», en *Francisco Sabatini*, catálogo de la exposición, Madrid, Real Academia de San Fernando, 1993, pp. 461-475.

MORA PIRIS, P.: *La Real Fundición de Bronces de Sevilla. Siglos XVI a XVIII*, Sevilla, Escuela de Ingenieros, 1994.

MORALES SÁNCHEZ, J.: *La Real Fábrica de Tabacos. Arquitectura, territorio y ciudad en la Sevilla del siglo XVIII*, Sevilla, COAAO, 1991.

PASTOR REY DE VIÑAS, P.: «Arquitectura industrial vidriera del Real Sitio de San Ildefonso», en *Reales Sitios*, XXX, n.º 116, 1993, pp. 33-40.

—*Historia de la Real Fábrica de Cristales de San Ildefonso durante la época de la Ilustración*, FCNV/PN/CSIC, Madrid, 1994.

PÉREZ VILLAMIL, M.: *Artes e industrias del Buen Retiro*, Madrid, 1904.

RABANAL YUS, A.: *El Real Sitio de San Fernando. Historia, arquitectura y urbanismo*, Madrid, Ayuntamiento de San Fernando de Henares, 1983.

RABANAL YUS, A.: «Arquitectura industrial del siglo XVIII en Madrid», en *Madrid y los Borbones del siglo XVIII*, catálogo de la exposición, Comunidad de Madrid, 1984, pp. 125-139.

—«En torno a la introducción y localización de las Reales Fábricas en el Madrid del siglo XVIII», *Anales del Instituto de Estudios Madrileños*, tomo XXI, 1984, pp. 69-89.

—«La industria y los Sitios Reales», en *El Real Sitio de Aranjuez y el arte Cortesano del siglo XVIII,* catálogo de la exposición*,* Comunidad de Madrid, 1987, pp. 301-308.

—*Las Reales Fábricas de Municiones de Eugui y Orbaiceta, en Navarra*, Pamplona, Gobierno de Navarra, 1987.

—«El reinado de Carlos III en la arquitectura de las Reales Fundiciones Españolas», *Fragmentos*, n.º 12-13-14, junio 1988, pp. 103-113.

—«Las fábricas en Madrid en la segunda mitad del siglo XVIII», en *Carlos III Alcalde de Madrid*, catálogo de la exposición, Ayuntamiento de Madrid, 1988, pp. 317-333.

—«Noticias sobre la Real Fundición de Artillería de Bronce de Barcelona», en *II Jornadas sobre la Protección y Revalorización del Patrimonio Industrial,* Barcelona, Generalitat de Catalunya, 1988, pp. 83-92.

—«La Real Fábrica de Tejidos de Algodón de Ávila», en *IV Jornadas de Arte: El Arte en tiempo de Carlos III,* Madrid, CSIC, 1989, pp. 177-183.

—*Las reales fundiciones españolas del siglo XVIII. Arquitectura y vida militar en la España del Siglo de las Luces*, Madrid, Estado Mayor del Ejército, 1990.

—«Arquitectura industrial del siglo XVIII en España», en *Manufacturas Reales*, Madrid, Patrimonio Nacional, 1995, pp. 23-40.

—«El Real Sitio de San Fernando en la arquitectura industrial española del siglo XVIII», en *Jornadas sobre el Real Sitio de San Fernando*, Madrid, Ayuntamiento de San Fernando de Henares, 1996, pp. 121-153.

—«Urbanismo industrial borbónico en la España del siglo de las luces», en S. LOMBARDO (coord.): *El impacto de las reformas borbónicas en la estructura de las ciudades. Un enfoque comparativo. Memoria del I Simposio Internacional*, México, Consejo del Centro Histórico de la Ciudad de México y Gobierno del Distrito Federal, 2000, pp. 285-323.

—«Arquitectura de las Reales Fábricas españolas del siglo XVIII», en *Jornadas sobre las Reales Fábricas,* FCNV/Caja Madrid, La Granja (Segovia), 2004, pp. 265-297.

RODRÍGUEZ LABANDEIRA, J.: «La política económica de los Borbones», en *La economía española al final del Antiguo Régimen*, vol. IV, *Instituciones*, Madrid, Alianza Editorial, 1982.

ROIG DEL NEGRO, A.: *La Real Fundición de cañones de bronce de Sevilla. Historia, arquitectura, y urbanismo de una fábrica del siglo XVIII*, tesis doctoral inédita, Sevilla, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla, 2001.

RUIZ HERNANDO, A., y CALLEJO DELGADO, M. J.: «Las Fábricas de Vidrio de La Granja. Estudio arquitectónico», en *Vidrio de La Granja*, catálogo de la exposición, Ministerio de Cultura, 1988, pp. 33-55.

SOBRINO SIMAL, J.: *Arquitectura industrial en España (1830-1990),* Madrid, Banco de Crédito Industrial, 1989, y Madrid, Cátedra, 1996.

TEDDE, P.: «Introducción», en *La Economía Española al final del Antiguo Régimen*, vol. II, *Manufacturas*, Madrid, Alianza Editorial, 1982.

TORAL ALONSO, V.: *La arquitectura industrial asturiana (1840-1914). Formas y modelos*, tesis doctoral inédita, Oviedo, Universidad de Oviedo, 1992.

TOVAR MARTÍN, V.: «La Antigua Fábrica de Cristales de La Granja de San Ildefonso», *Cointra-Press*, n.º 29, 1978, pp. 58-64.

—«La antigua fábrica de paños de Brihuega en la provincia de Guadalajara», *Cointra-Press*, n.º 33, 1980, pp. 51-61.

—«La arquitectura de José y Manuel de la Ballina. Entre el Barroco y el Neoclasicismo», *Archivo Español de Arte*, n.º 230, 1985, pp. 127-138.

URRUTIA, A.: «La Real Fábrica de Aguardientes y Naipes», en *Establecimientos Tradicionales Madrileños,* III, Madrid, Cámara de Comercio, 1982.

3

El nacimiento de la Teoría de Máquinas y Betancourt

Juan Ignacio Cuadrado Iglesias
Universidad Politécnica de Valencia

Marco Ceccarelli
Università degli Studi di Cassino

> «¡Ojalá que nuestra Nación vea algún día reunidas todas las máquinas que necesita para trabajar con solidez y economía en los Caminos y Canales, y para obrar en las artes con perfección y prontitud, haciendo con la población actual la misma obra que haría con un número de habitantes veinte veces mayor!».
>
> (Agustín de Betancourt y Molina[1])

Desde la Antigüedad se conoce el desarrollo paralelo de dos saberes mecánicos: uno, teórico, sobre la sustancia sensible, intrínsecamente caracterizada por el movimiento, que encuentra en la física aristotélica y sus múltiples comentarios su principal referencia; otro práctico, un arte de las máquinas transmitido por artesanos de generación en generación, que da lugar a mecanismos e instrumentos cada vez más perfeccionados para actuar sobre la materia, transformarla y conocerla de manera más precisa. Durante la Antigüedad y la Edad Media, estos dos saberes correspondieron a dos mundos diferentes: el teórico es propio de las artes liberales, cultivadas por filósofos y humanistas; el práctico pertenece a las artes mecánicas, en las que trabajan ingenieros y arquitectos. El reconocimiento social de ambas artes y de las personas que las practican es también diverso, lo que provoca un distanciamiento total de esos dos mundos.

Esta situación va a cambiar a partir del siglo XVI. Los años transcurridos entre la publicación del tratado *De Revolutionibus*, de Nicolás Copérnico (1543), y la *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, de Isaac Newton (1687), constituyen el que se ha llamado "período de la Revolución científica", que, en sus orígenes, es fundamentalmente una revolución en el campo de la mecánica: ésta se transforma en ciencia experimental. Los principios y las leyes formulados requieren verificación, deben ajustarse al comportamiento observado en la realidad.

---

[1] *Catálogo de la Colección de Modelos, Planos y Manuscritos que, de orden del Primer Secretario de Estado, ha recogido en Francia D. Agustín de Betancourt y Molina*, en A. RUMEU, 1990, pp. 106-107.

Figura central en estos primeros pasos es Galileo Galilei (1564-1642). Las técnicas, los hallazgos y los procesos que se dan en el arsenal de Venecia ayudan a la reflexión teórica de Galileo y le plantean nuevos problemas. La ciencia moderna es fusión entre técnica y saber; la ciencia se desarrolló porque existía una base tecnológica, una serie de máquinas e instrumentos que ofrecían la posibilidad empírica de la prueba. El trabajo del técnico, que hasta ese momento era considerado de bajo nivel, pasó a ser socialmente reconocido. El técnico es aquel que sabe el "qué" y el "cómo", y el científico es el que sabe el "porqué"[2].

Una consecuencia importante de la revolución científica es el empleo de las nuevas ciencias como recursos por la nueva técnica. Aunque la mecánica clásica alcanza su culminación en los siglos XVII y XVIII, hay que esperar hasta comienzos del XIX para que aparezca otra aplicada a las máquinas, una verdadera ciencia de máquinas en sentido moderno. En su origen ocupa un lugar fundamental la cinemática, es decir, el estudio del movimiento de los sistemas mecánicos sin tener en cuenta las causas que lo producen. La cinemática del punto y la del sólido rígido son objeto de la denominada cinemática teórica. Con el tiempo se empezarán a aplicar estos conocimientos a problemas "prácticos", entre los que destacan los del movimiento en las máquinas: así aparecerá la cinemática aplicada. Este saber empleado en el estudio de las máquinas empieza a evolucionar entre finales del siglo XVIII y comienzos del XIX y acabará por constituir la Teoría de Máquinas y Mecanismos (TMM).

En este capítulo se aborda el papel desempeñado por los ingenieros españoles de la Ilustración en el nacimiento de la Teoría de Máquinas. Figuras como José María de Lanz y, sobre todo, Agustín de Betancourt realizaron aportaciones muy importantes, en particular, al problema de "síntesis de mecanismos": mientras que el análisis cinemático y dinámico tiene por objeto determinar el movimiento de un mecanismo dado, la síntesis averigua qué tipo de mecanismo es necesario o qué dimensión deben tener sus elementos para efectuar un movimiento especificado.

Se trata aquí de situar los trabajos de Betancourt y Lanz en el marco de la evolución de la Teoría de Máquinas. Sus trabajos tuvieron pervivencia en la formación de generaciones de ingenieros europeos hasta las décadas finales del siglo XIX. Así, el capítulo se divide en cuatro partes: la primera ofrece una perspectiva general del nacimiento y evolución de la Teoría de Máquinas para enmarcar las aportaciones de los ingenieros españoles; la segunda trata de identificar los elementos clave en los procesos de innovación aplicados al diseño de máquinas, en los que se inscriben las contribuciones de Lanz y Betancourt; la tercera aborda la clasificación de mecanismos y sitúa históricamente la obra de estos dos personajes, la más esencial de las cuales es el *Essai sur la composition des machines*. Para ilustrar la novedad del tratado, se revisarán sus precedentes: los denominados "Teatros de Máquinas" o colecciones de dise-

[2] G. REALE y D. ANTISERI: *Historia del pensamiento filosófico y científico*, vol. II, Herder, Barcelona, 2000, pp. 176-178.

ños de máquinas y mecanismos, que fueron publicados entre los siglos XVI y XVIII; se analizarán en detalle las novedades introducidas por el *Essai*, y se concluirá con los desarrollos posteriores a dicho tratado en el siglo XIX.

La cuarta parte está dedicada a un problema específico de la síntesis dimensional: el guiado rectilíneo, es decir, la capacidad de un mecanismo para que un punto del mismo describa una trayectoria rectilínea. La resolución de este problema tuvo singular importancia en el progreso de la máquina de vapor, ingenio esencial en la revolución industrial. Se expone la evolución de la máquina de vapor antes de Watt, y se relacionan las novedades introducidas por Watt, particularmente la invención del mecanismo de guiado rectilíneo que permitió, a su vez, la construcción de la máquina de vapor de doble efecto. Betancourt escribió una *Memoria* en la que se establecía por primera vez un procedimiento para abordar la síntesis de guiado rectilíneo de un mecanismo, problema que tuvo gran interés para numerosos ingenieros y matemáticos del siglo XIX. Esta cuarta parte finaliza recordando algunas de sus contribuciones fundamentales.

Conscientes los autores de este capítulo de las dificultades de comprensión que pueden tener para el no iniciado en la Teoría de Máquinas los conceptos utilizados, se ha procurado explicar los más básicos en las notas a pie de página.

I

El desarrollo de la Teoría de Máquinas: una perspectiva general

En 1976, Ivan Ivanovich Artobolevskii (1905-1977), miembro de la Academia de las Ciencias de la antigua URSS y primer presidente de la Federación Internacional para la Teoría de Máquinas y Mecanismos (IFToMM), publicó un importante artículo[3] en torno al nacimiento[4] de esta nueva ciencia. El trabajo comienza con una cita de Werner Heisenberg sobre cómo afrontar el estudio del desarrollo de una ciencia.

> «Para examinar el progreso de la ciencia en su conjunto, es útil comparar sus problemas actuales con los de una época precedente e investigar los cambios específicos que han tenido lugar relacionados con algún problema importante a lo largo de una década o incluso un siglo».

Éste es el planteamiento seguido por Artobolevskii para trazar los orígenes de la TMM, y también el que pretendemos dar a nuestra reflexión en torno al papel desempeñado por los ingenieros españoles en su nacimiento.

---

[3] I. I. ARTOBOLEVSKII: *Past, present and future of the Theory of Machines and Mechanisms*, 1976.

[4] Otras introducciones interesantes sobre el origen de la Teoría de Máquinas y Mecanismos (TMM) pueden encontrarse en F. REULEAUX, 1875, pp. 3-27; A. E. R. DE JONGE, 1942 y 1943; F. FREUDENSTEIN, 1959; R. S. HARTENBERG y J. DENAVIT, 1964, pp. 1-27; H. NOLLE, 1974; J. NIETO, 1978, pp. 1-7; A. D. DIMAROGONAS, 1993, pp. 3-17; y M. CECCARELLI, 2001.

Artobolevskii se interroga sobre su nacimiento, y concluye en la dificultad de dar una respuesta, teniendo en cuenta que desde la más remota antigüedad el ser humano ha venido utilizando artificios, tanto simples como complejos, en auxilio de sus limitaciones. El autor esboza la historia de las máquinas y de la ciencia que las estudia, en la que resalta algunas cuestiones y personajes claves. Comienza hablando de Herón de Alejandría, que en el siglo II a. C. construyó grúas y artefactos militares, turbinas e incluso dispositivos simples de irrigación. Continúa con Marco Vitrubio, quien, finalizando el siglo I d. C., describió artilugios y grúas construidas por él mismo y llegó a definirlas por primera vez como un conjunto de elementos unidos entre sí[5]. La ausencia de fuentes obliga a dar un salto en el recorrido histórico hasta el reloj mecánico, cuyo origen puede datarse en el siglo XIV[6] y que es considerado la madre de todas las máquinas: era accionado mediante pesas y su movimiento se controlaba mediante una rueda de escape[7].

Durante el Renacimiento se acelera el avance de las máquinas. Leonardo da Vinci (1452-1519), como puede observarse en sus manuscritos, particularmente en los *Códices de Madrid*, profundiza en el concepto de mecanismo y de elementos de máquinas y trata de sistematizarlos. Incluye todo tipo de mecanismos, como transmisiones de engranajes, levas, elementos de fricción, palancas, etc. Al analizar la relación entre teoría y práctica, establece dos postulados que van a tener mucha importancia en el ulterior progreso de la TMM. El primero dice: «Un libro acerca de la naturaleza de los mecanismos debe preceder a un libro sobre su aplicación»; y el segundo afirma: «La Mecánica es el paraíso de las ciencias matemáticas»[8]. Con ellos se aboga por la necesidad de una teoría de los mecanismos y una amplia aplicación de los métodos matemáticos en la construcción de máquinas.

Tras el Renacimiento, y durante largo tiempo, el diseño de máquinas tuvo un carácter predominantemente empírico. De ahí la importancia y el éxito de los "Teatros de Máquinas", verdaderos catálogos donde se recoge y expone buena parte de la experiencia de sus constructores. No obstante, no todas eran viables: algunas de las máquinas representadas buscaban sobre todo provocar el asombro del lector.

En el siglo XVIII, este saber acumulado y los primeros pasos de la Revolución industrial fomentaron la innovación en el campo de las máquinas. Así, Thomas Newcomen (1664-1729) y James Watt (1736-1819) con su máquina de vapor, John Wilkin-

---

5 R. S. HARTENBERG, 1964, p. 2.

6 A. D. DIMAROGONAS, 1993, p. 11.

7 El movimiento oscilatorio del péndulo se transmite a una pieza denominada *áncora*, cuyos extremos engranan en cada oscilación con los dientes de otra rueda, denominada de *escape*. De esta forma la energía de las pesas se transforma en un movimiento intermitente de rotación de las agujas del reloj.

8 Cita de I. I. ARTOBOLEVSKII, 1976; extraída de L. RETI: *The unknown Leonardo*, McGraw-Hill, Nueva York, 1974.

son (1728-1808) con el taladro hidráulico, Jacques de Vaucanson (1709-1782) con el torno, John Kay (1704-1780) con la lanzadera, Richard Arkwright (1732-1792) con la hiladora hidráulica o Edmund Cartwright (1743-1823) con el telar hidráulico, entre otros muchos personajes, contribuyeron al desarrollo de nuevas máquinas. Sin embargo, a pesar de lo señalado por Leonardo y a pesar de la Revolución científica, que tiene en la mecánica uno de sus paradigmas más importantes, el desarrollo teórico del estudio de las máquinas siguió siendo mínimo.

En el siglo XVIII se empezaron a dar las condiciones para que surgiera la TMM. Un factor muy importante fue la creación de las escuelas técnicas, entre las que cabe destacar el Collegium Carolinum de Brunswick (1745), la École des Ponts et Chausséees de París (1747) o la École Royale du Génie de Mézières (1748), que contó entre sus profesores y alumnos con personajes tan importantes como Gaspard Monge (1746-1818), Lazare Carnot (1753-1823), Charles Augustin de Coulomb (1736-1806) y Jean Victor Poncelet (1788-1867).

En 1794 la Convención francesa tomó la decisión de crear una única escuela destinada a la formación de los ingenieros, que primero se llamó École Centrale des Travaux Publics y que en 1795 pasó a denominarse École Polytechnique. Fue aquí donde se impartió el primer curso moderno de máquinas[9], bajo la dirección de Monge.

Simultáneamente aparecieron las primeras señales de un cambio de planteamiento en el estudio de las máquinas. Jacob Leupold (1674-1727) publicó en 1724 su *Theatrum Machinarum Generale*, donde se incluye la que es probablemente la primera propuesta de estudio de las máquinas basada en la transformación del movimiento; y en 1736 Leonhard Euler (1707-1783) dio a la imprenta la *Mechanica sive motus scientia analytice exposita*, que es, según Lagrange (1736-1813), «el primer gran trabajo en el que el análisis es aplicado a la ciencia del movimiento».

En 1775 Euler propone lo siguiente:

> «La investigación del movimiento de un cuerpo rígido puede ser convenientemente separada en dos partes, una geométrica y otra mecánica. En la primera parte, la transferencia de un cuerpo de una posición dada a otra cualquiera debe ser investigada sin tener en cuenta las causas del movimiento, y debe ser representada mediante una formulación analítica. Esta investigación estará referida exclusivamente a la geometría, o mejor a la estereotomía.
>
> Es evidente que, separando esta cuestión de la otra, que pertenece propiamente a la Mecánica, la determinación del movimiento partiendo de los principios de la dinámica será mucho más fácil que si las dos partes se estudian simultáneamente»[10].

---

[9] La "modernidad" del estudio de las máquinas está relacionada con dos cuestiones: centrar la mirada en los mecanismos que componen la máquina sin hacer referencia a la máquina en su conjunto y su aplicación; y establecer un criterio de clasificación basado en la transformación del movimiento en los mecanismos.

[10] L. EULER: *Novi Commentarii Academiae Scientiarum Imperialis Petropolitanae*, vol. XX, 1775.

Aunque Euler se refiere al movimiento del cuerpo rígido y no a los elementos de máquinas, ya se puede apreciar el comienzo de la separación entre el *problema cinemático* y el *problema dinámico*[11]. La afirmación de Euler fue muy importante para el desarrollo de la TMM, en el sentido de que las máquinas deben ser estudiadas no de forma estática[12], sino en movimiento.

En 1797, Lazare Carnot publicó su *Essai sur les machines en général* siguiendo las ideas de Euler. Esta obra constituye el primer tratado de dinámica del movimiento[13] de una máquina.

La importancia del análisis del movimiento en las máquinas se vio reflejada en la propuesta que Monge presentó a la Convención francesa en 1794[14]:

> «Se entiende por elementos de máquinas los medios por los cuales se cambia la dirección de los movimientos y aquellos por los que se pueden originar, unos de otros, el movimiento progresivo en línea recta, el movimiento de rotación y el movimiento alternativo de vaivén. Se comprende que las máquinas más complicadas no son más que el resultado de combinar algunos de estos medios individuales, por lo que conviene proceder de suerte que la enumeración sea completa»[15].

André Marie Ampère (1775-1836) en su *Essai sur la philosophie des Sciences* (1830) terminó de definir la nueva área de estudio: la cinemática.

> «A esta ciencia, en la que los movimientos son considerados por ellos mismos tal como son observados en los objetos que nos rodean, y especialmente en aquellos sistemas de aparatos que denominamos máquinas, le doy el nombre de Cinemática, de **κίνημα**, movimiento».

Robert Willis (1800-1875), en su obra *Principles of Mechanisms* (1841) afirmó, en la línea de Euler y Ampère, que «el principal objeto de contemplación en las máquinas son sus movimientos».

En la primera mitad del siglo XIX, la cinemática fue ganando profundidad y amplitud gracias a la escuela francesa, con figuras como Louis Poinsot (1777-1859) y Jean Baptiste Belanger (1790-1874). Sin embargo, en este proceso la cinemática aplicada experimentó un cierto estancamiento.

---

[11] El *problema cinemático* de un sistema mecánico –mecanismo o máquina– consiste en estudiar el movimiento del mismo sin tener en cuenta las causas –acciones, fuerzas, momentos– que lo producen. El *problema dinámico* relaciona el movimiento del sistema con esas causas.

[12] Estudiando el equilibrio de las acciones aplicadas a la máquina cuando no se mueve.

[13] Existen dos problemas dinámicos fundamentales: el de *fuerzas*, que consiste en calcular las acciones que provocan un movimiento determinado en el sistema mecánico, y el de *movimiento*, que consiste en determinar el movimiento del sistema al aplicarle un conjunto de acciones definidas.

[14] Información detallada acerca de las propuestas de Monge y los primeros cursos de máquinas, en J. M. LANZ, 1990, pp. V-VIII; M. CHASLES, 1880, pp. 1-5; y F. J. RUBIO, 2000.

[15] J. N. P. HACHETTE: «Sur le cours des machines de l'École Polytechnique», introducción a la edición de 1808 del *Essai sur la composition des machines*, de J. M. LANZ y A. BETANCOURT, p. V.

En 1875, Franz Reuleaux (1829-1905) publicó su *Theoretische Kinematik*, obra con la que comienza el período de madurez de la TMM. Reuleaux trató de incorporar los avances de la cinemática teórica al desarrollo de una cinemática aplicada, para lo que planteó una idea de consecuencias definitivas en la TMM: el movimiento restringido de un mecanismo o el tipo de movimiento relativo entre sus elementos está controlado por la forma de las superficies en contacto en los enlaces entre elementos. Las dos superficies en contacto forman un par cinemático[16]. El número y el tipo de par cinemático definen las características cinemáticas de un mecanismo. Este criterio permite analizar, clasificar y diseñar los mecanismos atendiendo a su estructura cinemática y constituye una nueva parte de la ciencia cinemática: la síntesis de tipo[17].

Por otra parte, en 1784 Watt presentó su patente de un cuadrilátero articulado[18] que se utilizaba en el guiado rectilíneo del eje del pistón de la máquina de vapor de doble efecto. Hasta entonces los diseñadores de máquinas habían estado fundamentalmente interesados en los movimientos simples de los elementos de las máquinas unidos a la barra fija[19] o bastidor. En el mecanismo de Watt, el punto de interés se centraba en la trayectoria de un punto que pertenecía a una barra que no estaba directamente unida a la barra fija (barra acopladora).

A lo largo del siglo XIX, el problema de la generación de trayectorias[20] y, más en concreto, del guiado rectilíneo[21] atrajo a ingenieros y matemáticos, sobre todo de origen francés e inglés, pero no para su aplicación en las máquinas, sino como mecanismos trazadores de curvas algebraicas. Los años 70 y 80 de ese siglo fueron testigos del desarrollo del análisis y la síntesis cinemática de mecanismos. En el campo del análisis, Siegfried Aronhold (1819-1884), Alexander Blackie William Kennedy (1847-1928), Robert Henry Smith (1852-1916), Ludwig Burmester (1840-1927) y Rudolf Mehmke

---

16 *Par cinemático:* modelo mecánico de la conexión de dos barras caracterizado por el tipo de movimiento relativo posible entre ellas. Por su simplicidad, son dos los pares cinemáticos más utilizados en las máquinas: el par de rotación o articulación, que sólo posibilita un movimiento de rotación relativo entre las barras unidas, y el par prismático, que sólo permite un movimiento relativo de deslizamiento. Puede ser rectilíneo o curvilíneo, según que las características del movimiento relativo correspondan a uno u otro caso.

17 *Síntesis de tipo*: trata de los tipos de barras y mecanismos que hay que emplear en el diseño, en función de criterios de equivalencia, bondad y otras cualidades de los mecanismos.

18 *Cuadrilátero articulado:* mecanismo formado por cuatro barras unidas mediante pares de rotación. Es uno de los mecanismos más simples que existen, y de ahí su extendida aplicación en las máquinas.

19 Una *barra* es cada uno de los elementos, normalmente sólidos, con movimiento relativo entre sí, que forman los mecanismos; una *barra fija,* la que no posee movimiento. Todo mecanismo posee una barra fija, denominada también *bastidor* o *bancada*.

20 *Generación de trayectorias:* estudia las características de las trayectorias generadas por puntos concretos de las barras del mecanismo.

21 *Guiado rectilíneo:* tiene por objeto encontrar mecanismos que generen trayectorias rectilíneas.

(1857-1944) establecieron los procedimientos geométrico-gráficos que permiten abordar el problema cinemático. Burmester publicó en 1888 *Lehrbuch der Kinematik*, donde, además de mostrar herramientas de análisis cinemático fundadas en métodos geométricos, sentó las bases de la síntesis dimensional de mecanismos.

Éstos son, en resumen, los principales hitos en el nacimiento de la TMM. Su desarrollo en el siglo XIX permitió formular y tratar de resolver los llamados "problemas de síntesis", es decir, aquellos problemas en los que, a partir de unas condiciones de funcionamiento del mecanismo, se buscan las posibles soluciones teniendo en cuenta la estructura de éste o la dimensión de sus elementos. Obviamente, el objeto último de la síntesis de mecanismos es proporcionar métodos y herramientas de ayuda al diseño y a la innovación de máquinas y mecanismos.

II

La innovación en el diseño de máquinas

Reuleaux, en la introducción de su *Theoretische Kinematik*[22], analiza cómo a lo largo del tiempo se ha respondido a una cuestión fundamental desde el punto de vista práctico: ¿qué conocimientos han hecho surgir las innovaciones en el campo de las máquinas y los mecanismos?

Después de analizar la obra de varios autores, la conclusión que extrae es que todas las aproximaciones realizadas son insuficientes porque ninguna ha sabido plantear de manera sistemática el análisis de los diseños existentes con el fin de encontrar nuevos diseños. En respuesta a tal situación, y para aumentar la capacidad de innovar en este campo, Reuleaux ofrece un conjunto de propuestas novedosas que constituyen la base de la moderna TMM y que siguen siendo relevantes en la actualidad. Entre ellas destacan las siguientes:

- La creación de unos conceptos y un lenguaje que defina con precisión los elementos básicos de toda máquina –las barras y los pares cinemáticos–, sus tipos y, a partir de ellos, los conceptos de cadena cinemática[23], mecanismo[24] y máquina[25].
- La importancia de la cinemática en el análisis y el diseño de las máquinas: el alma de las máquinas está constituida por el tipo de movimiento de sus elementos y por la forma de su transmisión.

---

22 F. REULEAUX, 1875, pp. 3-27.

23 *Cadena cinemática:* conjunto de barras unidas mediante pares cinemáticos, con movimiento relativo entre ellas.

24 *Mecanismo:* cadena cinemática con una barra fija.

25 *Máquina:* sistema mecánico que realiza una tarea específica, tal como el conformado de material, y la transmisión y transformación de movimientos y fuerzas.

- La necesidad de disponer de procesos sistemáticos para la búsqueda de nuevas soluciones que da lugar a una nueva rama de la TMM: la síntesis cinemática.

Tomando como referencia los análisis y las propuestas de Reuleaux, trataremos de identificar los cambios producidos en la concepción de las máquinas y en la manera de diseñarlas entre el siglo XV y los comienzos del XIX.

En ese proceso, el papel desempeñado por los científicos e ingenieros españoles podría parecer, a primera vista, irrelevante. Sin embargo la realidad es otra: los esfuerzos de los ilustrados por afrontar el retraso científico y tecnológico del país les llevó a tomar importantes iniciativas, entre las que destaca el envío de pensionados a Francia para formarse en las nuevas escuelas y adquirir conocimientos tecnológicos que pudieran ser difundidos posteriormente[26].

Entre quienes fueron enviados destaca el tinerfeño Agustín de Betancourt y Molina (1758-1824). Su perfil ilustrado ha sido analizado en numerosas publicaciones[27]. En este capítulo nos centraremos en sus aportaciones al nacimiento de la TMM y trataremos de ampliar lo ya publicado.

Los aspectos concretos que muestran el importante papel de Betancourt y sus colaboradores en el nacimiento de la nueva ciencia son, a nuestro juicio, dos:

- La publicación del *Essai sur la composition des machines et méchanismes* (1808), escrito junto con José María de Lanz (1764-1839) y unánimemente reconocido como primer tratado moderno de máquinas y primer libro que contiene una propuesta de clasificación de mecanismos basada en criterios de transformación de movimiento.
- La *Mémoire sur une machine à vapeur à double effet*, presentada por Betancourt a la Academia de Ciencias francesa en 1789 y que incluye un estudio de las dimensiones del paralelogramo articulado, utilizado en el guiado rectilíneo del eje del pistón, que puede ser considerado uno de los primeros planteamientos del problema de síntesis dimensional de mecanismos. La información de Betancourt permitió la difusión de la máquina de vapor de doble efecto en el continente europeo.

---

[26] A. RUMEU, 1980 y 1990; J. FERNÁNDEZ, 1991.

[27] Reseñamos algunos de los libros más interesantes en torno a la figura de Betancourt: S. PADRÓN: *El ingeniero Agustín de Bethencourt y Molina*, Instituto de Estudios Canarios, La Laguna, 1958; A. CIORANESCU: *Agustín de Betancourt. Su obra técnica y científica*, Instituto de Estudios Canarios, La Laguna, 1965; A. RUMEU: *Agustín de Betancourt, fundador de la Escuela de Caminos y Canales*, Colegio Oficial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid, 1968; A. BOGOLIÚBOV: *Un héroe español del progreso. Agustín de Betancourt*, Seminarios y Ediciones, Madrid, 1973; J. A. GARCÍA-DIEGO: *En busca de Betancourt y Lanz*, Castalia, Madrid, 1985; VV. AA.: *Betancourt. Los inicios de la ingeniería moderna en Europa*, 1996; VV. AA.: *Un nuevo sistema de navegación interior*, Fundación Canaria Orotava, La Orotava, 2003. Para una bibliografía detallada hasta el año de publicación, ver VV. AA., 1996, pp. 353-364.

Estas aportaciones constituyen dos innovaciones relacionadas con lo que se denominará "síntesis de tipo" y "síntesis de generación de trayectorias", respectivamente.

III

La clasificación de mecanismos

> «Según iba trabajando y tratando con aquellas personas que me podían ayudar con sus luces, me convencía más y más, de que la variedad de casos y de objetos que se presentan, piden que se varíen y se multipliquen las máquinas, siendo inútil muchas veces la misma que en otras circunstancias traería sumas ventajas».
>
> (Agustín de Betancourt y Molina[28])

Cuando un objeto o un concepto ha sido desarrollado en una gran variedad de tipos, es inevitable el uso de medios de clasificación para orientar el estudio y la elección, para guiar futuras evoluciones del conocimiento adquirido y para sugerir nuevas aportaciones[29].

La clasificación de mecanismos ha sido reconocida como ineludible desde la Antigüedad[30]. La existencia de múltiples diseños mecánicos hace obligatoria una orientación adecuada del diseñador con el fin de poder llevar a cabo una selección apropiada para una aplicación determinada. A su vez, desde el comienzo de la actividad ingenieril, se ha visto la necesidad de conocer en profundidad el diseño de mecanismos que permitan descubrir procedimientos que den una visión unificada de la gran variedad de éstos.

Partiendo del análisis de algunos de los tratados y manuales más famosos dedicados a las máquinas en el amplio período comentado, trataremos de fijar algunas de las claves de la evolución tanto de las máquinas como de la forma de transmitir el conocimiento sobre ellas.

III.1. Las colecciones de diseños de máquinas y mecanismos antes del Essai

Una de las fuentes de información más importantes la constituyen los teatros de máquinas renacentistas[31]. El propósito de sus autores era doble: facilitar su reconocimiento como expertos e innovadores en el campo de las máquinas, y ayudar a difundir el saber sobre las máquinas en la sociedad.

---

[28] *Catálogo de la Colección de Modelos, Planos y Manuscritos que, de orden del Primer Secretario de Estado, ha recogido en Francia D. Agustín de Betancourt y Molina*, en A. RUMEU, 1990, pp. 90-91.

[29] M. CECCARELLI, 2004, p. 1.

[30] M. CECCARELLI, 2004, p. 2.

[31] H. VÉRIN (1999). Sobre la representación gráfica de las máquinas en los "Teatros" ver M. SILVA: «El lenguaje gráfico. Inflexión y pervivencias», en M. SILVA (ed.): *Técnica e Ingeniería en España. El Renacimiento*, Real Academia de Ingeniería, Zaragoza, 2004, pp. 289-300; M. CECCARELLI, 1998.

En estos tratados suelen predominar las aplicaciones relacionadas con la elevación y el transporte de aguas. Sin embargo, para comparar la información que contienen, hemos preferido escoger una actividad industrial, la *sierra de madera,* que aparece descrita y analizada en los tratados más conocidos. Esto nos permitirá analizar la evolución de los diseños y su utilidad como herramientas de innovación.

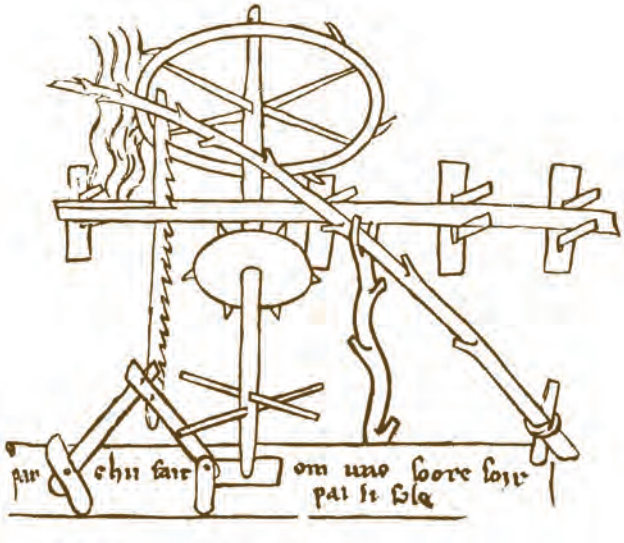
Por orden cronológico, los tratados revisados han sido los siguientes:

- 1220-1230: *Cuaderno* de Villard de Honnecourt (nacido h. 1190).
- 1480: *Trattato di architettura e machine* de Francesco di Giorgio Martini (1439-1502).
- 1480: *Códice Atlántico* de Leonardo da Vinci (1452-1519).
- 1578: *Théâtre des instruments mathématiques et mechaniques* de Jaques Besson (h.1540-1573).
- 1588: *Le diverse et artificiose machine* de Agostino Ramelli (1531-h.1608).
- 1615: *Les raisons des forces mouvantes* de Salomon de Caus (1576-1626).
- 1617: *Kunstliche Abrisz allerhand Wasser- Wind- Rosz- und Handt Muhlen* de Jacobus Strada (1507-1588).
- 1629: *Le Machine* de Giovanni Branca (1571-1645).
- 1661: *Theatrum machinarum novum* de Georg Andreas Böckler (1644-1698).
- 1724: *Theatrum machinarum generale* de Jacob Leupold (1674-1727).
- 1763: *Recueil de planches, sur les sciences, les arts libéraux, et les arts méchaniques, avec leur explication* de Denis Diderot (1713-1784) y Jean le Rond D'Alembert (1717-1783).
- 1782: *La Mécanique appliquée aux arts, aux manufactures, à l'agriculture et à la guerre* de Claude François Berthelot.
- 1787: *Architecture Hydraulique* de Bernard Forest de Bélidor (1693-1761).
- 1808: *Essai sur la composition des machines* de José María de Lanz y Agustín de Betancourt.

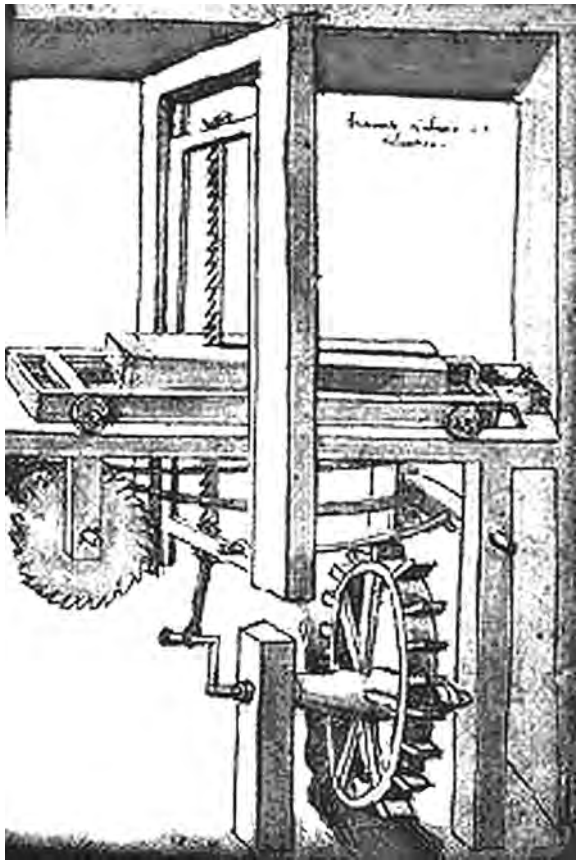
La sierra de madera descrita en estos tratados es una máquina que tiene por objeto cortar una troza para obtener tablas. El movimiento de entrada suele ser una rotación, en la mayor parte de los casos proporcionada por una rueda hidráulica, mientras que el movimiento de salida es doble: por una parte el de la sierra (que suele ser rectilíneo alternativo) y por otra el desplazamiento de la troza (que es rectilíneo intermitente).

Para obtener esos movimientos los autores proponen máquinas que básicamente cumplen tres funciones:

1. Transmitir la rotación del órgano motor (rueda hidráulica, rueda accionada manualmente) a la máquina de corte, reduciendo a la vez la velocidad de rotación.
2. Transformar la rotación de entrada en un movimiento rectilíneo alternativo de las hojas de sierra.



3.1. La sierra de madera en la Edad Media: *Villard de Honnecourt. Cuaderno (siglo XIII). Es la representación más antigua que se conserva de una máquina accionada hidráulicamente de serrar madera. En la parte inferior de la sierra algunos han creído ver la primera representación de un cuadrilátero articulado.*



3.2. La sierra de madera en el Renacimiento: *Francesco di Giorgio Martini,* Trattato di architettura e macchine *(1480). La concepción básica de esta máquina se va a mantener en los siguientes trescientos años. La rueda hidráulica acciona una manivela. Mediante una barra acopladora (biela), la manivela acciona el marco de la sierra que se mueve a lo largo de unas guías verticales. El conjunto manivela-biela-marco de la sierra-guía vertical constituye un ejemplo del denominado mecanismo de biela-manivela. El mecanismo de trinquete, cuya rueda dentada puede observarse en la parte inferior izquierda, regula el movimiento de avance intermitente de la troza.*

3. Coordinar el movimiento alternativo de la sierra con el desplazamiento de la troza.

En los tratados anteriores al siglo XVIII parece que los diseños, a primera vista, son similares. Pero si se analizan en detalle, podremos apreciar variaciones importantes. En la mayor parte el accionamiento es directo: el movimiento de entrada se transmite directamente al eje de rotación del mecanismo de movimiento de la sierra, como puede observarse en Martini (fig. 3.2), Ramelli[32] (fig. 3.4) y Strada[33] (fig. 3.5). En cambio, Caus[34] (fig. 3.4) y Strada[35] (fig. 3.5) introducen un par de engranajes cilíndricos mediante una rueda de puntos y una linterna.

Para transformar la rotación de entrada en el movimiento de traslación rectilínea alternativo de la sierra existe más unanimidad. Prácticamente todos proponen el uso de biela-manivela, como se ve, por ejemplo, en Martini (fig. 3.2), Leonardo da Vinci (fig. 3.2), Ramelli (fig. 3.4), Caus (fig. 3.4) y Strada (fig. 3.5). La excepción la constituyen la máquina de Honnecourt (fig. 3.1), que incorpora una leva que mueve lo que parece ser un cuadrilátero articulado, y la de Besson[36], que plantea dos procedimientos muy diferentes: un cuadrilátero articulado y un husillo con pantógrafo (fig. 3.3). Frente a la sencillez del mecanismo biela-manivela, las soluciones de Honnecourt y de Besson parecen excesivamente complejas. Dado que ya estaba muy difundido el empleo de mecanismo biela-manivela, parece que la intención de Besson era asombrar con su ingenio, más que llegar a diseños verosímiles[37].

La coordinación del movimiento de la sierra con el desplazamiento de la troza se lleva a cabo de diversos modos. Martini (fig. 3.2), Ramelli (fig. 3.4) y Strada (fig. 3.5) introducen un trinquete[38] que aprovecha la subida y bajada del cuadro de la sierra para realizar el empuje del diente del trinquete. Éste va rígidamente unido a un eje sobre el que se arrolla una cuerda que empuja un carro sobre el que descansa la troza, de manera que, al girar de forma intermitente el trinquete, la troza se desplaza a su vez de manera intermitente. Honnecourt (fig. 3.1) plantea una transmisión directa

32 A. RAMELLI, 1588, cap. y figura CXXXVI.

33 J. STRADA, 1617, lámina 98.

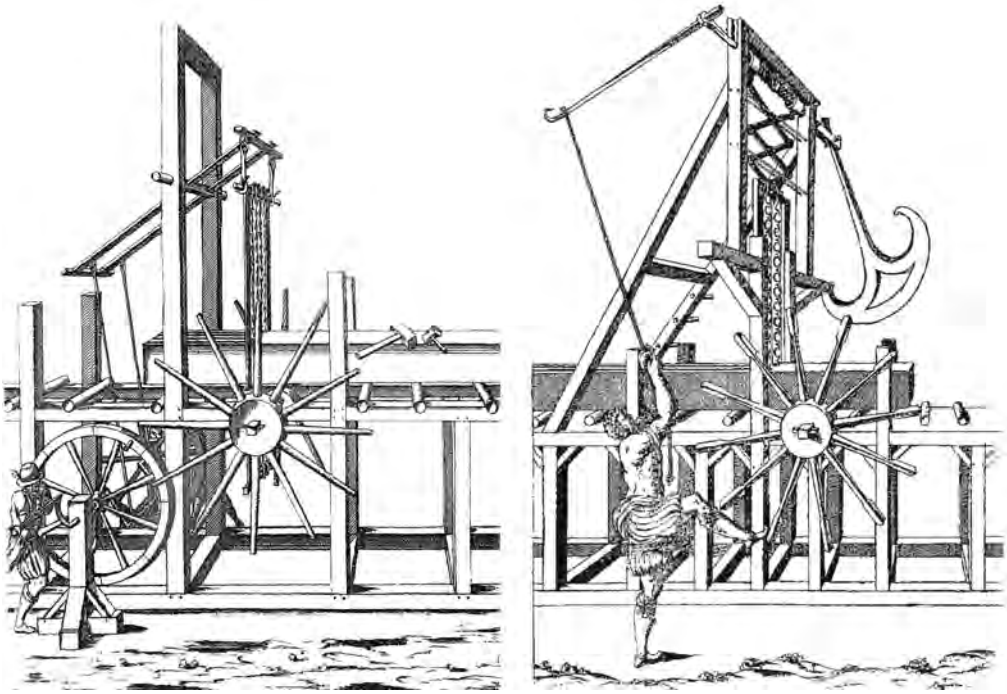
34 S. de CAUS, 1615, livre premier, problème XVIII.

35 J. STRADA, 1617, lámina 48.

36 J. BESSON, 1594, figura XIII y figura XIIII.

37 En la figura XIII, la rigidez del marco de las hojas de sierra dificulta la operación de corte; en la XIIII, la rigidez transversal del mecanismo de pantógrafo también la dificulta, aun con el refuerzo de varillas transversales que impiden la deformación excesiva del pantógrafo.

38 Compuesto por una rueda dentada y una palanca. En el movimiento de avance de la palanca, ésta se acopla a un diente de la rueda y la hace girar en un sentido. En el retroceso, la palanca resbala sobre el diente y, por tanto, la rueda no gira. Este mecanismo permite transformar el movimiento alternativo de la palanca en otro intermitente de rotación de la rueda dentada.



3.3. La sierra de madera en los primeros Teatros de Máquinas*: Besson,* Théâtre des instruments mathématiques et méchaniques *(1594). En estos diseños se plantean dos soluciones diferentes al mecanismo de biela-manivela de la figura anterior, para transformar el movimiento de rotación de entrada en un movimiento oscilatorio rectilíneo de la sierra de corte: 1) Cuadrilátero articulado; 2) Husillo-pantógrafo.*

mediante rueda dentada; Besson (fig. 3.3) sugiere una manual; de Caus (fig. 3.4), una mediante pesas. Como puede apreciarse, es precisamente en este caso donde se plantean más variaciones.

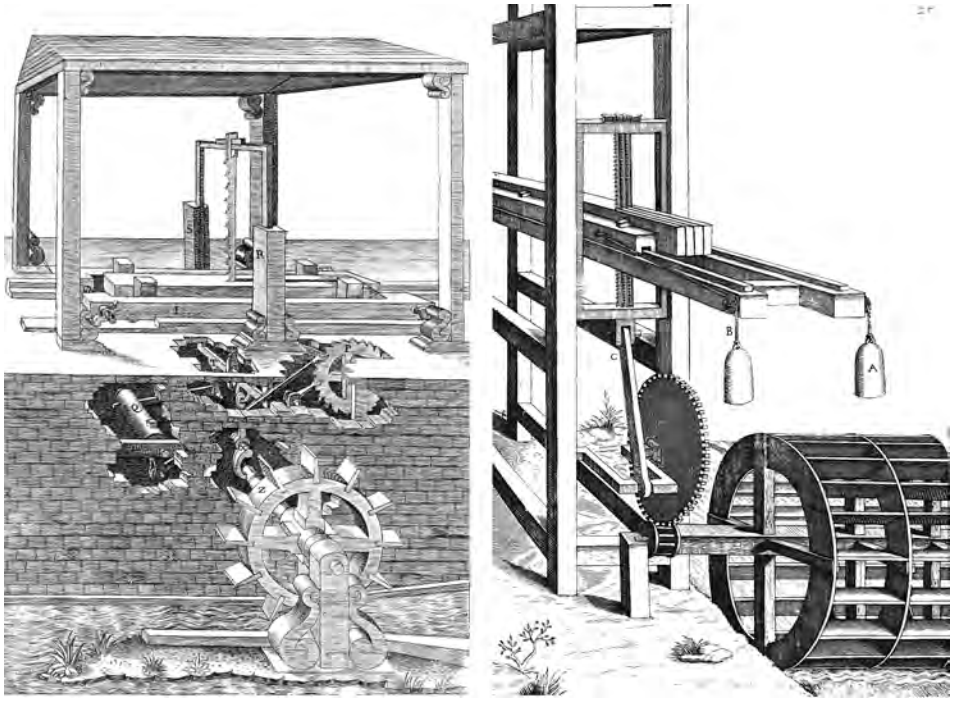
A la vista de los diferentes diseños, podemos plantearnos las siguientes cuestiones: ¿existe alguna evolución en los mecanismos utilizados?, ¿qué características presentan las máquinas más "modernas"?, ¿cuál es la característica clave para analizar la "modernidad" de una solución?

Reuleaux responde del siguiente modo:

> «El progreso viene indicado por la manera de utilizar el cierre de fuerza o, más concretamente, por la sustitución de dicho cierre por el de forma, o mediante una cadena cinemática».[39]

[39] F. REULEAUX, 1875, p. 222.

Efectivamente, el cierre de forma, a diferencia del cierre de fuerza[40], exige una precisión que sólo se da cuando avanzan los medios de producción. Si contemplamos con este criterio las máquinas analizadas, podemos ver, en efecto, una variación. Así, en la de Honnecourt (siglo XIII) la mayor parte de los enlaces cinemáticos son de cierre de fuerza. Por ejemplo, el accionamiento del cuadrilátero articulado mediante leva, la unión de la sierra con la varilla deformable que ejerce sobre ella una fuerza para tensarla o el avance de la troza mediante rueda dentada.



3.4. La sierra de madera en los primeros Teatros de Máquinas: *1) Agostino Ramelli,* Le diverse et artificiose machine *(1588), el diseño es similar a los de Martini y Leonardo da Vinci; 2) Salomon de Caus,* Les raisons des forces mouvantes *(1615). Incorpora dos novedades: la rueda hidráulica transmite el movimiento a la manivela mediante un engranaje reductor, de modo que se consigue un aumento del par motor sobre la manivela con una reducción de la velocidad de rotación; la troza avanza mediante la acción de dos pesas.*

[40] Par con *cierre de forma*: par cinemático en el que las barras están restringidas a estar en contacto por medio de la forma geométrica del enlace. Un ejemplo de cierre de forma es la bisagra de una puerta: el eje de una de las partes de la bisagra penetra en el agujero de la otra parte, de modo que la forma cilíndrica del eje y el agujero permiten el movimiento de rotación. Par con *cierre de fuerza*: par cinemático en el que las barras se mantienen en contacto mediante fuerzas externas (gravedad, muelle, etc.). Un ejemplo es el contacto de una rueda de ferrocarril con la vía. Además de la forma de la rueda, el peso del vehículo es lo que impide que la rueda se salga del carril.

Más tarde, en los diseños de los siglos XV, XVI y XVII, van apareciendo cierres de forma. Por ejemplo, el par prismático[41] que guía el marco de la sierra, el mecanismo biela-manivela para el movimiento de la sierra o el trinquete para el avance de la troza. En el caso de los engranajes se siguen utilizando cierres de fuerza, ya que el engranaje con linterna opera con un juego importante. Aún no se ha llegado a la utilización de engranajes de precisión sin juego como, por ejemplo, los de perfil de evolvente[42]. Todo ello implica que las máquinas se empleen en aplicaciones de baja precisión y que los movimientos requeridos sean simples, tales como trayectorias circulares y rectilíneas. La introducción de los cierres de forma y de las cadenas cinemáticas de guiado será la consecuencia de requisitos de mayor precisión y de la necesidad de obtener trayectorias complejas.

Además de las imágenes, ¿qué información contienen los tratados? En su mayor parte puede decirse que son catálogos de máquinas, algunas de las cuales resultan ineficaces o imposibles. La imagen va acompañada por una descripción sencilla de los elementos que aparecen en ella y añaden, en algunos casos, referencias al material empleado en su construcción; en total, no suele ocupar más de una página cada descripción. Excepcionalmente se incluyen cuestiones que tienen que ver con el comportamiento de las máquinas simples, como, por ejemplo, en el libro de Salomón de Caus.

Al llegar al siglo XVIII se empieza a observar una evolución importante en los tratados. Las máquinas siguen teniendo una configuración semejante, pero la forma de transmitir la información es totalmente diferente. En el libro de Leupold hay ya un amplio análisis de los principios de la mecánica usados en las máquinas simples, en el que se incluyen temas nuevos, tales como el rozamiento. Sin embargo, la transformación más destacada respecto a los tratados anteriores consiste en que el estudio global de la máquina como un todo pierde importancia frente al análisis de los elementos que la componen, los mecanismos.

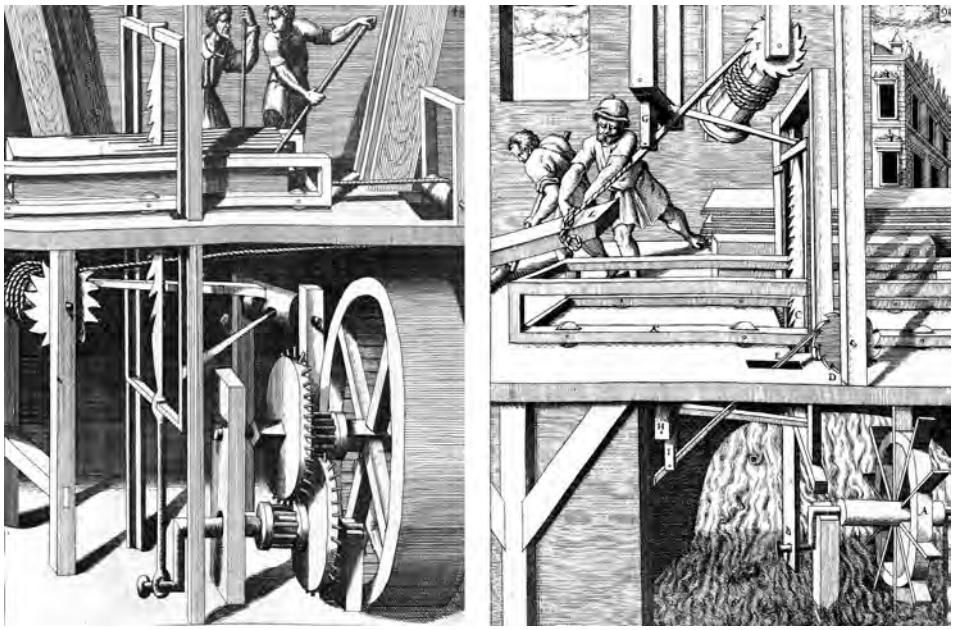
En la misma época, las obras de Diderot y Bélidor presentan un carácter enciclopédico. Contienen un gran número de ingenios clasificados por su utilidad, pero su representación es novedosa: se incluyen vistas de alzado y planta, y representación a escala. Además, se acompaña gran cantidad de información escrita relacionada con su construcción. Por ejemplo, en el tratado de Bélidor[43] (fig. 3.6), cuando se habla de

---

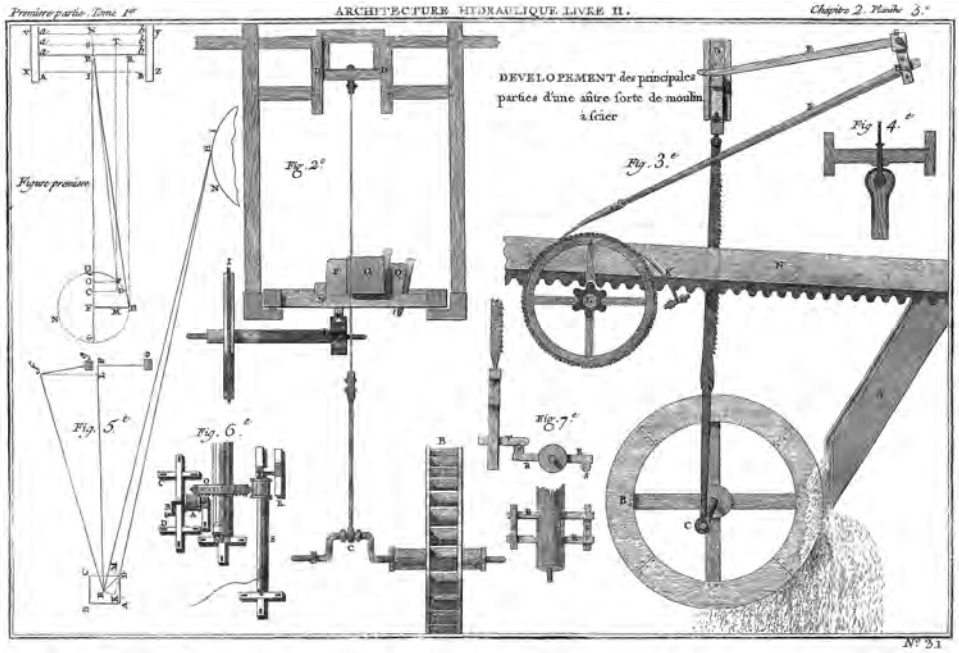
41 *Par prismático:* par cinemático que sólo permite un movimiento relativo de deslizamiento entre las barras que une. En general, las guías rectilíneas contienen este tipo de par cinemático.

42 Aunque L. EULER en 1754 enunció reglas para la acción conjugada entre perfiles, y A. KAESTNER en 1781 ideó métodos prácticos para el cálculo del perfil de evolvente, habrá que esperar hasta el segundo tercio del siglo XIX para que aparezca una verdadera Teoría de Engranajes. Así, R. WILLIS en 1832 escribió de forma extensa sobre engranajes, y E. SAND en 1852 planteó por primera vez una teoría general sobre los engranajes.

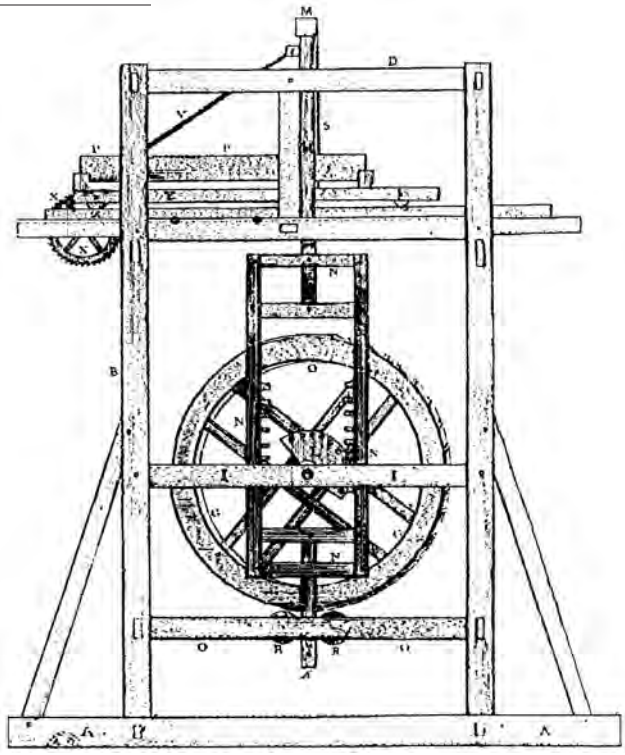
43 B. F. DE BÉLIDOR, 1782, livre II, pp. 321-347.



3.5. La sierra de madera en los Teatros de Máquinas: *Jacobus Strada,* Kunstliche Abrisz allerhand Wasser- Wind- Rosz- und Handt Muhlen *(1617): 1) El diseño sólo incluye como novedad el doble engrane; 2) Se añade un trinquete en la parte superior para elevar hasta la sierra la pieza de madera.*



3.6. La sierra de madera en los tratados de la Ilustración: *Bernard Forest de Bélidor,* Architecture hydraulique *(1787). Aunque el diseño de la máquina sigue las pautas de los siglos anteriores, nos encontramos con una representación técnica: alzados, perfiles, diagramas de movimiento.*



3.7. La sierra de madera en los tratados de la Ilustración: *Claude François Berthelot,* La Mécanique appliquée aux arts, aux manufactures, à l'agriculture et à la guerre *(1782), introduce una nueva solución para el accionamiento del marco de la sierra, mediante un sector circular dentado engranado con una cremallera.*

la sierra, las figuras se complementan con diecisiete páginas de texto. Las imágenes, además de contener la vista general, poseen despieces que facilitan la comprensión del funcionamiento. Estos tratados proporcionan una descripción bastante precisa de las características constructivas de la máquina, limitándose a reproducir o copiar lo ya existente; en consecuencia, no se trata de un material de gran ayuda para facilitar la innovación.

El objetivo de los "Teatros de Máquinas" y las primeras enciclopedias parece ser el de impresionar al lector con la variedad y complejidad de las soluciones propuestas. Así pues, la catalogación ya estaba bien establecida al finalizar el siglo XVIII, pero la clasificación bajo criterios unificados quedaba pendiente, porque el tratamiento matemático del diseño de los mecanismos aún no había alcanzado la necesaria formulación algorítmica[44].

III.2. La aportación del Essai *en la clasificación de mecanismos*

En el año 1808, como se ha indicado, se publicó el *Essai sur la composition des machines* de Lanz y Betancourt. Ya el título marcaba una diferencia sustancial respecto a las obras que hemos comentado: habla de composición de las máquinas, es decir, fija el análisis no tanto en la máquina cuanto en sus mecanismos.

[44] M. CECCARELLI, 2004.

El libro viene acompañado del primer programa del Curso Elemental de Máquinas, desarrollado en la École Polytechnique y que impartió Jean Nicolas Pierre Hachette (1769-1834), discípulo de Monge. En ese programa se informa de los pasos iniciales que se dieron en la creación del curso de máquinas. Monge propuso dedicar dos meses del primer año de estudios a la descripción de elementos de máquinas, introduciendo un nuevo planteamiento en su estudio: las máquinas son combinaciones de elementos que tienen por finalidad transformar los movimientos.

En el *Journal de l'École*, Monge expuso sus ideas:

> «Las fuerzas de la naturaleza a disposición del hombre tienen tres elementos distintos: la masa, la velocidad y la dirección del movimiento. Difícilmente los tres elementos de las fuerzas de que se trata tienen las cualidades que convienen al fin propuesto; y el objeto principal de las máquinas es convertir las fuerzas disponibles en otras en las que estos elementos sean de tal naturaleza que produzcan el efecto deseado. Cada máquina se compone de varias partes elementales, cada una con un fin particular que puede ser alcanzado de varias maneras diferentes según las circunstancias. La enumeración de todas las formas en que es posible cambiar los elementos de las fuerzas y la descripción de los diferentes medios de producir el mismo cambio en diferentes circunstancias, deben ofrecer a los operarios los mayores recursos para toda clase de trabajos»[45].

El programa plantea diez tipos de transformaciones elementales del movimiento:

- Rectilíneo continuo en:
  1 Rectilíneo continuo.
  2 Rectilíneo alternativo.
  3 Circular continuo.
  4 Circular alternativo.
- Rectilíneo alternativo en:
  8 Rectilíneo alternativo.
  9 Circular alternativo.
- Circular continuo en:
  5 Rectilíneo alternativo.
  6 Circular continuo.
  7 Circular alternativo.
- Circular alternativo en:
  10 Circular alternativo.

Además adjunta un cuadro de máquinas elementales en el que vienen clasificados ochenta y nueve mecanismos según esos diez tipos de transformaciones de movimiento.

El Consejo de Instrucción de l'École, según consta en la introducción del *Essai*, afirmó respecto a la publicación del libro:

> «Tal es el sistema según el cual el señor Hachette había comenzado el cuadro adjunto de las máquinas elementales, cuando tuvo conocimiento de que los señores Lanz y Betancourt habían elaborado un trabajo semejante de acuerdo con el mismo plan. El Consejo de Instrucción, basado en el informe de los señores Monge y Hachette, propuso al señor Gobernador que ordenara la impresión, a cargo de la Escuela, del resul-

[45] J. N. P. HACHETTE: *Sur le cours des machines de l'École Polytechnique*, introducción a la edición de 1808 del *Essai sur la composition des machines* de J. M. LANZ y A. BETANCOURT, p. VI.

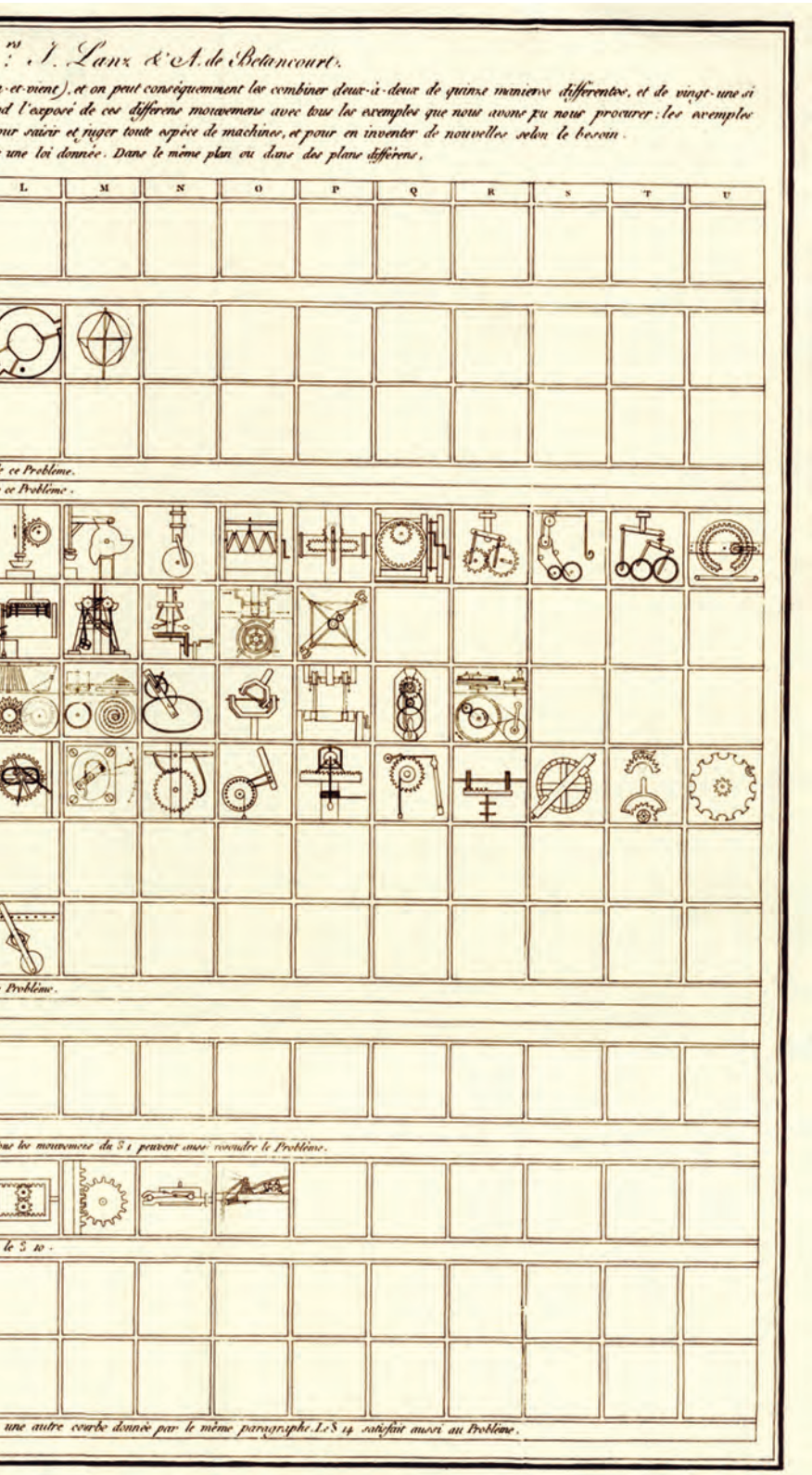
Essai sur la Composition des Machines, par M

Les Mouvemens qu'on emploie dans les arts, sont rectilignes, ou circulaires ou déterminés d'après des courbes données ; ils peuvent être continus ou alternatifs. (de va
l'on combine chacun des ces mouvemens avec lui même. Toute machine a pour but de communiquer un ou plusieurs de ces vingt-un mouvemens. Ce Tableau compren
seront exécutés à part plus en grand, en y joignant l'explication et l'usage qu'on peut faire de chacun d'eux; par ce moyen on pourra acquérir une grande facilité pr

(*) Avec une vitesse uniforme, ou qui varie d'après une loi donnée.

(**) Avec une vitesse de même nature que celle du mouvement qui le produit, gardant avec lui la même proportion, ou variant d'après

				A	B	C	D	E	F	G	H	I	K
Le mouvement Rectiligne continu (*) peut être changé en	Rectiligne	continu (*)	1	Si on transforme le mouvement rectiligne en circulaire par le § 3, ce même § donnera quelques exemples de la solution de ce problème.									
		Alternatif (**)	2	On transformera le mouvement rectiligne en circulaire par les moyens indiqués § 3 et tous les exemples § 7 viendront se placer ici.									
	Circulaire	Continu (*)	3										
		Alternatif (**)	4	Si on transforme le mouvement rectiligne en circulaire par le § 3, tous les mouvemens § 9 donneront la solution de ce problème.									
	d'après une courbe donnée	Continu (*)	5	On transformera le mouvement rectiligne continu en circulaire continu par les moyens indiqués § 3 et tous les mouvemens du § 10 donneront la solution d									
		Alternatif (**)	6	On transformera le mouvement rectiligne continu en circulaire continu par les moyens indiqués § 3 et tous les mouvemens du § 11 donneront la solution de									
Le mouvement circulaire continu (*) peut être changé en	Rectiligne	Alternatif (*)	7										
		Alternatif (**)	7'										
	Circulaire	Continu (*)	8										
		Alternatif (*)	9										
		Alternatif (**)	9'										
	d'après une courbe donnée	Continu (*)	10										
		Alternatif (**)	11	On transformera le mouvement circulaire continu, en circulaire alternatif par le § 9, et on trouvera § 10 les solutions du Problème. Le § 10 peut aussi résoudre le									
Le mouvement continu d'après une courbe donnée (*) peut être changé en	Rectiligne	Alternatif (**)	12	On transformera le mouvement donné en circulaire continu par le § 10 et celui-ci en rectiligne alternatif par le § 7.									
	Circulaire	Alternatif (**)	13	On transformera le mouvement donné en circulaire continu par le § 10, et celui-ci en circulaire alternatif par le § 9.									
	d'après une courbe donnée	continu (*)	14	Si on transforme le mouvement donné en circulaire continu par le § 10 on aura donné la solution du problème.									
		Alternatif (**)	15	On transformera le mouvement donné en circulaire alternatif par le § 13 et celui-ci en alternatif d'après une courbe donnée par le § 10.									
Le mouvement rectiligne alternatif (*) peut être changé en	Rectiligne	Alternatif (**)	16	On transformera le mouvement rectiligne alternatif en circulaire par les moyens indiqués § 7, et celui-ci en rectiligne alternatif par le même paragraphe.									
	circulaire	Alternatif (**)	17	Une partie des mouvemens § 3 et du § 7 donnent la solution de ce problème.									
	d'après une courbe donnée	Alternatif (**)	18	On transformera le mouvement rectiligne alternatif en circulaire alternatif par le § 17 et celui-ci en alternatif d'après une courbe donnée par									
Le mouvement circulaire alternatif (*) peut être changé en	circulaire	Alternatif (**)	19	Tous les mouvemens du § 5 et une partie de ceux du § 9, donnent la solution de ce problème.									
	d'après une courbe donnée	Alternatif (**)	20	Tous les mouvemens du § 10, donnent la solution de ce problème.									
Le mouvement alternatif d'après une courbe donnée (*) peut être changé en	d'après une courbe donnée	Alternatif (**)	21	On transformera le mouvement alternatif donné en circulaire continu par les moyens indiqués § 10 et celui-ci en alternatif d'après									



3.8. La tabla de clasificación de mecanismos: *Lanz y Betancourt,* Essai sur la composition des machines, *París, 1808.*

> tado del trabajo de los señores Lanz y Betancourt (comisionados por el gobierno español)[46]. Esta obra, cedida por sus autores a la Escuela Politécnica, es la que ahora se presenta bajo el título *Ensayo sobre la composición de las máquinas.*
>
> (El Consejo de Instrucción de la Escuela, oída la lectura de este artículo en su sesión del 12 de agosto de 1808, ha resuelto su impresión)»[47].

El libro sirvió como material de apoyo al Curso de Máquinas. En el texto se añade, al movimiento rectilíneo y circular, un tercero mediante una curva dada. Ésta es una primera aportación importante porque, como vimos, los dos primeros predominaban en las máquinas antiguas. El curvilíneo es un avance en las posibilidades de las mismas.

El comentario de introducción a la tabla general (fig. 3.8) es muy interesante porque en él los autores explican los principios de clasificación y la utilidad de la propia tabla:

> «Los movimientos que se emplean en las artes mecánicas son rectilíneos, circulares o determinados según curvas dadas; pueden ser continuos o alternativos (de vaivén), y puede, consecuentemente, combinarse dos a dos de quince maneras diferentes y de veintiuna si se combina cada uno de estos movimientos con otro de la misma clase. Toda máquina tiene como fin realizar una o varias de estas veintiuna combinaciones. Este cuadro comprende la exposición de estas combinaciones diferentes de movimientos con todos los ejemplos que hemos podido encontrar; los ejemplos se representarán aparte, a mayor tamaño, añadiendo la explicación y el empleo que se puede hacer de cada uno. Por medio de este cuadro se podrá adquirir una gran facilidad para escoger y crear toda clase de máquinas y para inventar otras nuevas según la necesidad»[48].

La composición de tres trayectorias (rectilínea, circular y según curva) con dos tipos de movimiento (continuo y alternativo) da lugar a seis alternativas. La combinación, a su vez, de estas seis opciones de entrada con seis de salida daría lugar teórica-

---

[46] Es verdad que Betancourt destaca como figura internacional. Estudió en Francia, viajó por diversos países, terminó sus días en Rusia y realizó aportaciones tecnológicas en muchos de los países por los que pasó. Sin embargo, nunca olvidó sus orígenes ni el motivo de la misión que le puso en camino fuera de España y que justificó su salida por las circunstancias políticas españolas. Una referencia a su misión en Francia se halla, además de en este texto, en la introducción al *Catálogo del Real Gabinete de Máquinas* y en la *Memoria de la Máquina de vapor*, donde firma como capitán al servicio de España. Su desplazamiento definitivo a Rusia se debió a la difícil situación por la que pasaba el país durante la guerra de la Independencia y a la buena acogida por parte del zar Alejandro I. En carta dirigida a su hermano José en 1814, le comentaba: «Desde que observé la enemistad que reinaba en España entre el Príncipe de Asturias (hoy Fernando VII) y Godoy, supuse que debía haber una revolución en España y que en tal caso era necesario, para no perecer con mi familia, buscar un asilo en un reino extranjero en que ponerla a salvo, y me pareció que la Rusia debía ser el más a propósito».

[47] J. N. P. HACHETTE: *Sur le cours des machines de l'École Polytechnique*, introducción a la edición de 1808 del *Essai sur la composition des machines* de J. M. LANZ y A. BETANCOURT, p. VIII.

[48] J. M. LANZ y A. BETANCOURT: *Essai sur la composition des machines,* 1808, lámina AK6.

mente a treinta y seis transformaciones posibles, pero se reducen a veintiuna porque algunas no aparecen[49]. Frente a las diez de la tabla de Hachette aparecen veintiún tipos de transformaciones. La tabla general (fig. 3.8) contiene ciento treinta y cuatro mecanismos, frente a los ochenta y nueve de Hachette.

Por la novedad de su planteamiento, es muy importante destacar la utilidad que le dan los autores a la tabla y al libro, basada en poder escoger entre las diversas alternativas, para crear e inventar nuevas máquinas según la transformación necesaria.

Con el fin de facilitar la identificación de cada una de las soluciones, se desarrolla un sistema de codificación. Cada figura se designa por una letra y un número que indican su posición en la tabla. En el mismo tratado los autores afirman:

> «Cada fila horizontal será objeto de un apartado designado con el mismo número; en él se anunciará el fin propuesto; se dará la solución general de los problemas análogos a la transformación que se quiere efectuar; se desarrollarán los casos particulares o los diferentes medios de ejecución que conocemos, indicando las fuentes de donde hemos extraído estos conocimientos, y finalmente se añadirán reflexiones sobre la utilidad de estos medios y sobre las diversas máquinas a las cuales han sido aplicados»[50].

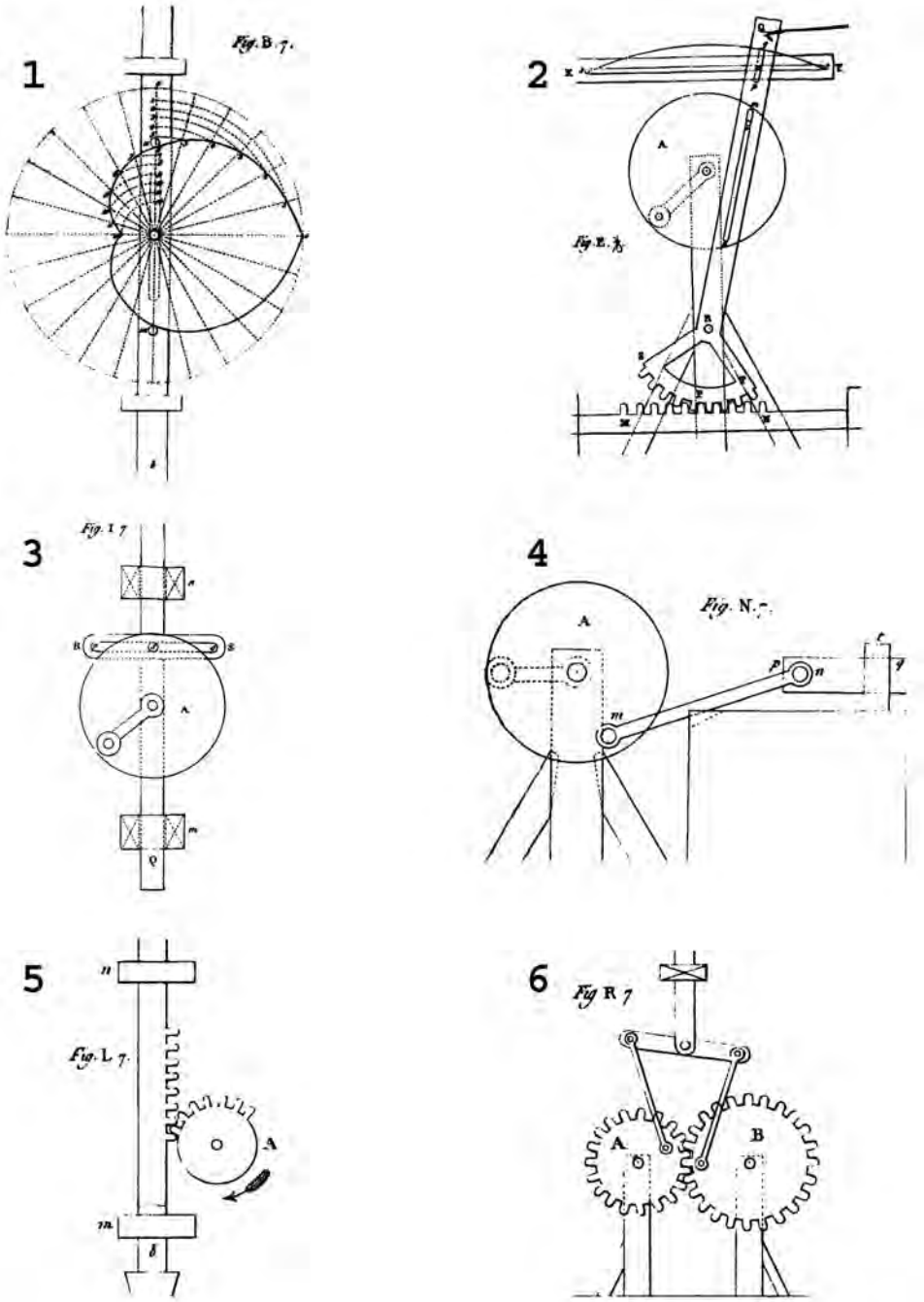
Para ilustrar el cambio de planteamiento que supone este libro, supongamos que un diseñador de máquinas tuviera que hacer frente al diseño de la sierra que se ha visto antes. Fijemos nuestra atención exclusivamente en el movimiento de la hoja de serrar. El diseñador tendría que buscar alternativas para la transformación de la rotación continua de entrada en una traslación rectilínea alternativa. Revisando los tratados clásicos encontraría que, excepto en el tratado de Besson, que incluye una propuesta basada en el cuadrilátero articulado y otra en un sistema husillo-pantógrafo (fig. 3.3), el resto propone una solución única: el mecanismo biela-manivela. En cambio, utilizando el *Essai* encontraría 35 opciones diferentes. No todas se ajustarían a las condiciones de la máquina, pero se concluye fácilmente que, comparado con los tratados anteriores, el potencial de innovación del libro es impresionante. Como ilustración del hecho, se ha seleccionado en las figuras algunas de las alternativas posibles. Destaca su gran diversidad, utilizando todos los tipos básicos de mecanismos: de barras, de engranajes y de levas (fig. 3.9).

El libro contiene una gran tabla clasificatoria (fig. 3.8) en la que aparecen distribuidos según los criterios de transformación del movimiento, tal como se ha comentado. Los mismos aparecen dibujados a una escala mayor a lo largo de diez tablas.

---

[49] Para la entrada circular continua no hay salida rectilínea continua; para la entrada según curva continua no hay salida rectilínea continua ni circular continua; para la entrada rectilínea alternativa no hay salida rectilínea continua, circular continua y según curva continua; para la entrada circular alternativa no hay salida rectilínea ni continua ni alternativa, no hay salida circular continua y según curva continua; para la entrada según curva alternativa sólo hay salida según curva alternativa. En total, quince combinaciones que no aparecen.

[50] J. M. LANZ y A. BETANCOURT (1808): *Essai sur la composition des machines,* p. 2.



3.9. Soluciones para la transformación del movimiento circular en rectilíneo: *Lanz y Betancourt,* Essai sur la composition des machines, *1808. 1) Mecanismo de leva; 2) Mecanismo de manivela y cremallera; 3) Mecanismo de yugo escocés; 4) Mecanismo de biela-manivela; 5) Mecanismo de piñón-cremallera; 6) Mecanismo de engranajes.*

Las tablas vienen precedidas por textos aclaratorios de cada uno de los ejemplos propuestos. A veces, si son muy elementales o muy conocidos, la explicación es escueta; sin embargo, en la mayor parte de los casos, los autores exponen su funcionamiento, relacionan las fuentes de donde han obtenido la información e incluyen las aplicaciones de las que tienen referencia[51].

En cuanto a los tipos, puede señalarse que las 134 propuestas contienen ejemplos muy diversos: por su frecuencia de aparición predominan los engranajes en 39 ocasiones –tanto ruedas como cremalleras, y tanto cilíndricos como cónicos y de corona sinfín–, las poleas y cables en 33, los mecanismos articulados en 27, las levas y escapes en 18, los sinfines en 6 y las cadenas en 5. En 17 de ellos, el peso es un elemento actuante, y en 11 se utilizan muelles.

Aunque los comentarios hacen presumir que algunas de las soluciones están desarrolladas o perfeccionadas por los autores, en dos se hace mención explícita a su uso, y en otras tres, a su diseño por Betancourt[52]. Entre éstas nos parece especialmente interesante I.17 (fig. 3.10), que no es sino el dispositivo de guiado rectilíneo de Watt empleado en la máquina de vapor. En el libro se atribuye a Betancourt. Dado que los autores siempre hacen referencia a los diseñadores conocidos de los mecanismos, es muy posible que Lanz y Betancourt no tuvieran referencia del diseño de Watt y hubieran llegado al mismo a través del paralelogramo empleado en la máquina de vapor.

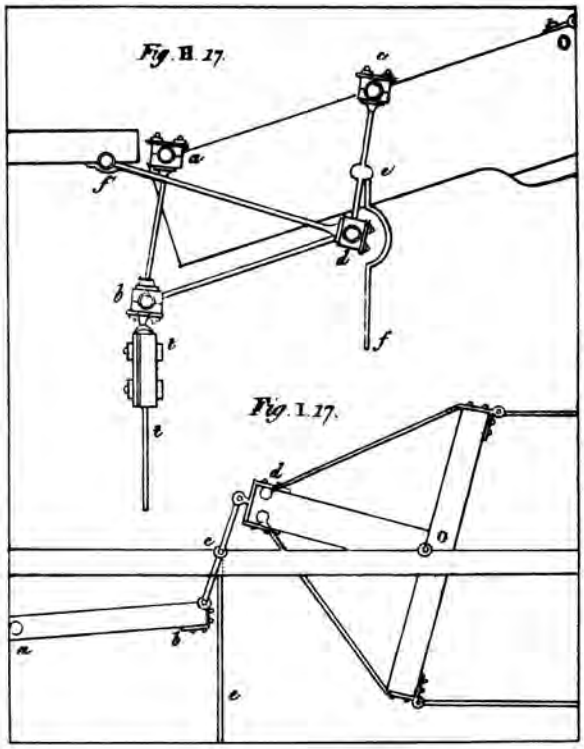
En algunos casos los comentarios son muy extensos. Por ejemplo, los que se refieren a las ruedas hidráulicas de cazoletas o cangilones; también, las diferentes soluciones a los escapes utilizados en relojería y una parte dedicada a los dispositivos trazadores de curvas.

En ciertos casos, la descripción viene acompañada por el planteamiento de un método para dimensionarlo. Es interesante la referente al diseño de una leva y la relativa a un sistema de guiado rectilíneo alternativo al de Watt, que trataremos posteriormente con más detalle.

---

51 Como ejemplo de la amplia labor de investigación de fuentes se incluye el comentario al tornillo de Arquímedes: «Sobre la teoría de Arquímedes se puede consultar *Hydrodynamique* de Daniel Bernouilli; una *Memoria* de M. Pitot, impresa en las *Mémories de l'Académie des sciences* en 1736; otra de M. Euler en las *Mémories de l'Académie Imperial de Pétersbourg*, tomo V, año 1754; la obra del P. Belgrado, cuyo título es *Theoriae cochleae Archimedis, ab observationibus, experimentis et analyticis rationibus ducta*, año 1767; el premio adjudicado en 1765 a M. Jean-Frédéric Hennert, por la Academia de Prusia; y la obra de M. Paucton, sobre la teoría del tornillo de Arquímedes».

52 La figura H.1 corresponde a un mecanismo de cuña que se dice que fue utilizado por Betancourt en Inglaterra para levantar el cilindro inferior de un gran laminador. En el apartado S. II señala que en *L'Architecture hydraulique* de Prony, vol. II, se encuentra la descripción de un procedimiento inventado por Betancourt para regular la velocidad de una máquina de vapor por medio de un flotador provisto de un sifón; en la M.7′ un dispositivo elevador de agua, atribuido también a Betancourt; en la O8 aparece una junta universal de la que señala una aplicación por parte de Betancourt y Breguet al telégrafo óptico; en la I.17 aparece el cuadrilátero de Watt, atribuido a Betancourt.



3.10. Mecanismos de guiado rectilíneo de Watt: *Lanz y Betancourt,* Essai sur la composition des machines, *1808; fig. H.17: Mecanismo extendido de Watt; fig. I.17: Mecanismo singular de Watt, atribuido en el* Essai *a Betancourt.*

Otro aspecto muy interesante es que en la mayor parte de los modelos se indica cuál es su utilización conocida. Frente a la apreciación extendida de que el libro recoge fundamentalmente ejemplos de la ingeniería civil, se puede observar que los casos más frecuentes pertenecen a máquinas herramientas –en 19 ocasiones–, seguidas de la relojería[53] –en 15–; a continuación, los molinos y los ingenios de vapor –en 10 cada una–, a los que siguen los martinetes y otras aparatos afines –en 9–, los instrumentos de dibujo –también en 9–, la maquinaria textil –en 7–, las bombas de elevación de agua –en 6–, las de elevación y arrastre –en 5– y las ruedas hidráulicas y pulidoras –en 3 cada una–. Sobresalen algunas aplicaciones poco comunes, como, por ejemplo, un artefacto para filetear pescado, un mecanismo usado en el telégrafo óptico, otro utilizado en el pedal del piano o varios en dispositivos de atracciones. También es interesante el uso de dispositivos de control y medida: flotadores para apertura y cierre de válvulas, un instrumento medidor de velocidad de los navíos, control de esfuerzos en transmisiones.

[53] Posiblemente se deba a la gran amistad y colaboración con L. Breguet.

De los comentarios incluidos en el libro se puede deducir que, aparte de las máquinas que pudieran conocer los autores en sus viajes, muchos mecanismos están seleccionados después de una exhaustiva revisión bibliográfica. Algunos de los diseñadores de máquinas que hemos analizado en el apartado anterior aparecen citados en el *Essai*: Besson, Branca, Leupold, Diderot, Berthelot y Bélidor. Las fuentes más referenciadas son colecciones de inventos y patentes publicadas a lo largo del siglo XVIII como las *Machines approuvées par l'Académie*, los *Annales des arts et manufactures* de O'Reylli y *The repertory of arts and manufactures*. Junto a ellos, aparecen memorias y libros de autores como Daniel Bernouilli, Pitot, Euler, Borda, Coulomb, De la Hire, Hachette y Prony.

Junto a los innegables aciertos, podemos encontrar en el libro ejemplos o afirmaciones de carácter equívoco, pero que no dejan de ser la excepción. Un ejemplo dudoso de mecanismo transformador de movimiento es el D4, que consiste en una barca anclada en el cauce de un río que trasforma el movimiento rectilíneo y continuo del agua en un movimiento circular intermitente de la barca. Otra información, que desde la visión actual es errónea pero entendible en el contexto de los engranajes de poca precisión –que eran probablemente los conocidos por Betancourt–, es la referente al trazado de los dientes de engranajes:

> «El trazado de los dientes de la rueda y de las cremalleras será fácil si se tienen en cuenta los preceptos dados por el señor Camus al final del segundo volumen de su *Cours de Mathématiques*. Cuando se tiene la porción del arco provista de dientes, y por tanto la de las cremalleras, y la posición de una de éstas, basta razonar un poco para situar la otra de manera que se obtenga la mayor efectividad posible. Las investigaciones puramente teóricas nos llevarían demasiado lejos sin ninguna ventaja práctica»[54].

La importancia del *Essai* y su difusión a lo largo de la primera mitad del siglo XIX viene refrendada por sus numerosas ediciones: tres en francés (1808, 1819 y 1840), dos en inglés (*Analytical essay on the construction of machines*, en 1820 y 1822), una en alemán (*Versuch über Zusammensetzung der Maschinen von Lanz und Betancourt*, en 1829). Sorprendentemente, no hubo ninguna edición en castellano.

En 1875, Reuleaux, refiriéndose a esta obra, escribe:

> «Sin grandes cambios, se ha mantenido de uso general hasta nuestros tiempos y, por tanto, ha conseguido la sanción del reconocimiento general»[55].

III.3. El problema de la clasificación de mecanismos después del Essai[56]

A lo largo del siglo XIX se fueron produciendo otras aportaciones a los criterios clasificatorios. En 1811 Borgnis, en su *Traité complet de mécanique*, divide las máquinas en seis tipos: receptores, comunicadores, modificadores, soportes, reguladores y

---

[54] J. M. LANZ y A. BETANCOURT, 1808, p. 31.

[55] F. REULEAUX, 1875, p.13.

[56] F. REULEAUX, 1875, pp. 13-18.

operadores[57]. Como se puede observar, se trata de un criterio que hace referencia más al tipo de función dentro de la máquina que a sus características cinemáticas. En 1830, Ampère, en su *Essai sur la philosophie des Sciences*, clasifica los estudios de Monge como una ciencia y afirma lo siguiente:

> «Esta ciencia debe, por tanto, definir una máquina, no como se hace usualmente, como un instrumento gracias al cual la dirección e intensidad de una fuerza dada puede ser alterada, sino como un instrumento por el que la dirección y velocidad de un movimiento dado puede ser alterado».

Con ello otorga al planteamiento de Monge categoría de ciencia específica para el estudio cinemático de las máquinas. En este planteamiento está basado el *Essai* de Lanz y Betancourt.

Willis introduce en su libro *Principles of Mechanisms* (1841) un nuevo sistema de clasificación: en lugar de utilizar la relación entre los movimientos absolutos de entrada y salida del mecanismo, emplea los relativos entre los diversos elementos, teniendo en cuenta el cambio de dirección y de velocidad del movimiento relativo y si esta relación es constante o variable. Considera que existe una oposición entre la definición de Ampère y algunos de los ejemplos incluidos en el *Essai*, como las ruedas hidráulicas y los molinos eólicos. Willis sólo considera los mecanismos compuestos exclusivamente por cuerpos sólidos. Reuleaux afirma que el criterio introducido por Willis no tuvo éxito ni en Inglaterra, de manera que, en general, se prefirió seguir utilizando el de Lanz y Betancourt.

Laboulaye, en su *Cinématique* de 1849, rechaza el sistema de Willis y divide los elementos de las máquinas en tres clases: sistema palanca, sistema torno y sistema plano, a los cuales pertenece todo cuerpo móvil según posea uno, dos o tres puntos fijos, respectivamente. Sin embargo, su aproximación basada en el movimiento de puntos es inaplicable al movimiento de cuerpos.

Morin, en sus *Notions géométriques sur les mouvements*, de 1851, y Weisbach, en su artículo «Abänderung der Bewegung», de 1841, se mantienen en el sistema de Lanz y Betancourt. Redtenbacher, maestro de Reuleaux, en *Die Bewegungsmechanismen* (1857), describe y analiza teóricamente la colección de mecanismos que existe en Karlsruhe, y los clasifica por su uso, sin utilizar ningún criterio cinemático. El propio Reuleaux calificará la idea de nihilista.

En Francia se desarrollaron métodos geométricos para estudiar el movimiento de los cuerpos rígidos. Ejemplo de ello es el libro de Poinsot *Théorie de la rotation des corps*, al que siguieron otros, como los *Éléments de géométrie applique à la transfor-*

---

[57] Según Borgnis, los receptores son los órganos de la máquina destinados a recibir la acción inmediata de los motores; los comunicadores son los que deben transmitir el movimiento; los modificadores son los que varían la velocidad de las diversas barras móviles; los soportes son los centros de suspensión, de rotación o de apoyo de otros órganos; los reguladores son los que corrigen las irregularidades de los movimientos; y los operadores son los que producen el efecto final.

mation du mouvement de Girault, en 1858; la *Cinématique* de Belanger, en 1864; y el *Traité des mécanismes* de Haton, del mismo año. A pesar de la diferencia con el *Essai*, Girault y Belanger siguen el criterio clasificatorio de la mutación del movimiento. Haton establece nueve divisiones: rodillos, deslizaderas, excéntricas, ruedas dentadas, barras y cables, y agrupa los tres últimos bajo la denominación de elementos accesorios.

A través de este proceso se puede observar una separación insalvable entre lo que podríamos denominar cinemática teórica, de la cual son ejemplo varios de los diseñadores mencionados, y la cinemática aplicada, en la cual el *Essai* no sería superado hasta 1875. Reuleaux se pregunta dónde radica la insuficiencia de los métodos empleados hasta ese momento para que, en la práctica, no se mejorara la clasificación que aparece en el libro de Lanz y Betancourt; y afirma que proviene de utilizar las transformaciones de movimientos como criterio clasificatorio, sin indagar en la razón de las mismas. Reuleaux descubre que la razón fundamental de las variaciones de los tipos de movimiento son las restricciones que imponen los pares cinemáticos a los diferentes tipos de unión entre sólidos. Éste es el punto de partida para nuevas clasificaciones.

Se puede afirmar que el *Essai* es una primera aportación a lo que posteriormente se denominaría síntesis de tipo. El planteamiento comenzado por este libro, y continuado por Reuleaux, ha tenido su culminación en la obra de Artobolevskü *Mecanismos en la técnica moderna* (1976), que contiene más de 5.000 mecanismos, clasificados por criterios estructurales y de aplicación.

IV

El guiado rectilíneo en la máquina de vapor

> «Cada nación tiene sus máquinas particulares y sus métodos de construir, según sus necesidades, o según las circunstancias que le presenta la Naturaleza de su terreno, y por excelentes y públicas que sean, tardan muchos años, y a veces siglos, en propagarse, si no se va directamente a juzgarlas en los países mismos y a sacarlas de ellos para transportarlas a otros donde hacen suma falta».
>
> (Agustín de Betancourt y Molina[58])

El período que nos ocupa contempla el perfeccionamiento de uno de los grandes símbolos de la industrialización: la máquina de vapor. La figura clave en el perfeccionamiento de esta máquina fue James Watt (1736-1819), cuyas innovaciones determinaron un aumento muy importante de sus prestaciones. Una de ellas consis-

---

58 *Catálogo de la Colección de Modelos, Planos y Manuscritos que, de orden del Primer Secretario de Estado, ha recogido en Francia D. Agustín de Betancourt y Molina*, en A. RUMEU, 1990, pp. 101-102.

tió en la introducción del mecanismo de guiado rectilíneo, que permitió diseñar la máquina de vapor de doble efecto. En los siguientes apartados analizaremos el origen y la mejora de la máquina de vapor; las innovaciones introducidas por Watt; el papel desempeñado por Betancourt en la difusión de la máquina de doble efecto en el continente europeo y su novedosa solución del problema de dimensionamiento del mecanismo de Watt; y, por último, la evolución posterior del problema de guiado rectilíneo.

IV.1. La máquina de vapor antes de Watt

Se sabe de la existencia de intentos primitivos de utilización del vapor de agua; uno de los más antiguos es el *aelópilo* de Herón. Sin embargo, hasta el siglo XVII no aparecieron tentativas serias de construir una máquina que pudiera ser accionada mediante el vapor y fuera origen de energía mecánica. En 1606, Jerónimo de Ayanz mostró la primera patente de una máquina de vapor industrialmente utilizable, aunque el diseño permaneció en el olvido hasta que, en 1698, Thomas Savery presentó la patente de una máquina parecida a la de Ayanz[59]. El retraso en la mejora de esta tecnología se ha justificado por la falta de necesidad de grandes cantidades de energía y, sobre todo, por la fácil disponibilidad de fuerza humana y animal. Sin embargo, de acuerdo con lo propuesto por algún autor[60], este argumento no es del todo cierto, ya que en esta época se conocía la amplia difusión de otras fuentes de energía, tales como la hidráulica y la eólica.

Probablemente, el principal problema para aprovechar el vapor de agua como fuente de energía era el desconocimiento de los principios científicos que hacían referencia a sus características y a cuestiones como la existencia de la presión atmosférica y las posibilidades de crear vacío. Pero también hay razones tecnológicas: hasta finales del siglo XVIII los constructores no dispusieron de máquinas herramientas adecuadas para conseguir la precisión de acabado necesaria en los elementos de la máquina de vapor, sobre todo en el conjunto cilindro-pistón.

A lo largo del siglo XVI y a comienzos del XVII hubo intentos de aplicación del vapor de agua como fuente de energía mecánica. Ejemplos son la patente de Ayanz, el accionamiento de una poco verosímil máquina trituradora de metal de Giovanni Branca[61] (posiblemente basada en el *aelópilo* de Herón) y la aplicación del vapor a la alimentación de agua a presión en las fuentes, como puede verse en Salomón de Caus[62].

Un experimento importante de Otto von Guericke (1602-1686) fue la demostración del efecto motor de un pistón cuando se desplaza en un cilindro vaciado de aire.

---

59 N. GARCÍA: «Privilegios de invención», en M. SILVA (ed.): *Técnica e Ingeniería en España. El Renacimiento*, Real Academia de Ingeniería, Zaragoza, 2004, pp. 571-574.

60 S. STRANDH, 1988.

61 G. BRANCA, 1629, figura XXV.

62 S. de CAUS, 1615, theorème V, p. 4.

Con un diámetro del cilindro de unos 38 cm, al hacer el vacío, 50 hombres no pudieron retenerlo. El mismo pistón pudo elevar mediante vacío un peso de unos 1.300 kg.

En 1673, Christian Huygens (1629-1695), ayudado por Denis Papin (1647-h. 1712), quiso diseñar una máquina para elevar agua que utilizara la presión generada por un gas. Más concretamente, trató de emplear la combustión de la pólvora para crear un vacío que permitiera el bombeo del agua.

En 1690, Papin hace un descubrimiento trascendental para la máquina de vapor: el enfriamiento y la posterior condensación del vapor de agua contenido en una cámara era capaz de crear vacío. Los problemas tecnológicos –la dificultad de fabricar los elementos de la máquina, la rotura de las tuberías, etc.– impidieron, de hecho, que el descubrimiento de Papin se transformara en una ingenio eficaz.

Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716) informó a Papin de que un inglés, Thomas Savery (1650-1715), había construido una máquina que funcionaba por condensación de vapor sin pistón. Savery había patentado en 1698 una aplicada a la extracción del agua de las minas. Trabajaba con vapor de agua a una presión muy superior a la atmosférica –hasta 10 atmósferas–, lo que causaba muchos problemas en las uniones y también roturas de los tubos.

En la misma época, Thomas Newcomen (1663-1729), un comerciante inglés dedicado al suministro de material para las minas, frente a los grandes problemas existentes con la extracción del agua, comenzó a trabajar sobre estos sistemas. Para ello se puso en contacto con Robert Hooke (1635-1702) y se interesó por los trabajos de Papin y por la posibilidad de desarrollar un motor basado en el vacío que creaba la condensación de vapor. Parece ser que Hooke le informó de las dificultades de obtener un buen ajuste entre el pistón y el cilindro en el proceso de fabricación de la máquina, lo que provocaba pérdidas de vacío y, en consecuencia, un bajo rendimiento de la máquina.

A pesar de todo, y con la ayuda de Cawley, Thomas Newcomen construyó, en 1712 la primera máquina atmosférica. Constaba de un cilindro de unos 18 cm, daba doce golpes por minuto y elevaba, en cada uno, 45 litros de agua desde una profundidad de 46 m. La potencia desarrollada oscilaba en torno a los 5,5 CV. Para conseguir el sellado en el pistón, Newcomen utilizaba una lámina de cuero recubierta con una capa de agua. El cilindro, situado en posición vertical, contenía un émbolo unido mediante una cadena a un balancín. La cadena se ajustaba sobre el extremo del balancín y le daba la forma de sector circular, lo que hacía que el eje del émbolo y la cadena fueran tangentes al correspondiente arco de círculo. El contrapeso del balancín lo hacía girar de manera que la cadena arrastraba al pistón hacia arriba y permitía que la cámara inferior se llenara de vapor de agua. A continuación, el cilindro se enfriaba desde fuera, lo que provocaba la condensación del vapor y el vacío correspondiente en la cámara inferior. Este vacío hacía descender el pistón por efecto de la presión atmosférica aplicada a la cara superior del émbolo (de ahí la denominación de *máquina atmosférica*). El movimiento hacia arriba de la otra parte del balancín accionaba la

bomba de extracción de agua. Por tanto, la acción del vapor sólo tenía efecto en la carrera de descenso del cilindro. Por eso se denominaba *máquina de simple efecto*.

En una de las pruebas, un fallo en el sistema de sellado hizo que parte del agua pasara a la cámara inferior y se observó un aumento de las prestaciones de la máquina. Esta constatación permitió la introducción de otra mejora que consistía en el enfriamiento del vapor mediante inyección de agua en el interior del cilindro.

Hacia 1760 había en Inglaterra más de cien máquinas atmosféricas, fundamentalmente aplicadas a la extracción de agua en las minas. Sin embargo, su rendimiento era muy bajo, lo que determinaba gran consumo de combustible, además de los problemas de mantenimiento por desgastes y roturas.

John Smeaton (1724-1792) analizó el comportamiento de las máquinas de Newcomen, estudió las dimensiones de los cilindros y mejoró la eficiencia al aumentar la carrera del pistón en relación con su diámetro. Diseñó una máquina herramienta para mejorar el acabado superficial del interior del cilindro y, con ello, el ajuste entre el pistón y el cilindro. Con todas estas modificaciones logró incrementar notablemente la eficiencia y obtuvo un ahorro importante de combustible. La máquina que implantó en Cornualles en 1775 tenía una potencia de 7,7 CV y disponía de un cilindro de 18 cm de diámetro con una carrera de 27 cm. Sin embargo, la eficacia térmica global era tan sólo del 1 %.

Ésta era la situación tecnológica de la época cuando apareció en escena un personaje central para la máquina de vapor: James Watt (1736-1819).

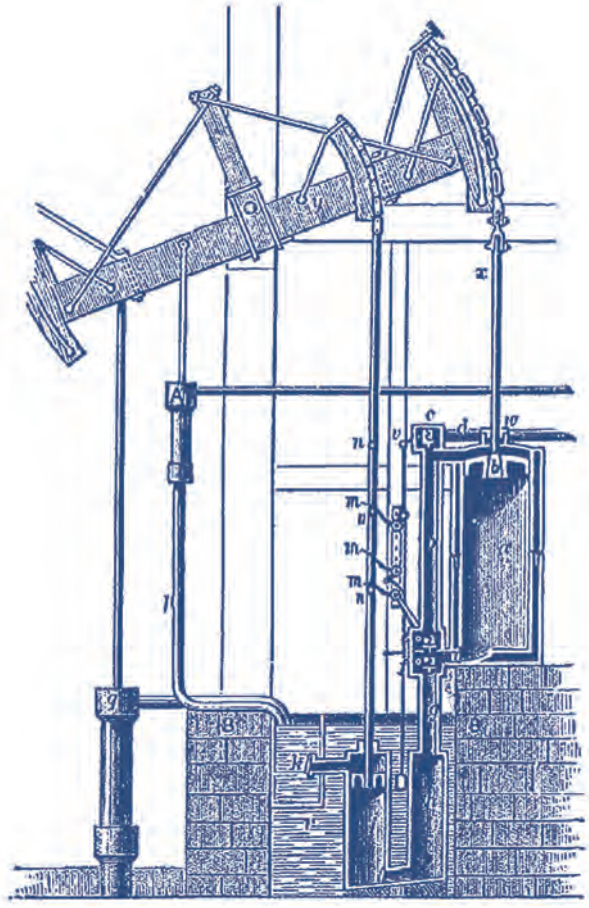
IV.2. La máquina de Watt

En 1763, mientras Watt trabajaba como fabricante de instrumentos matemáticos para la Universidad de Glasgow, un profesor de Física llamado Anderson le encargó la reparación de un modelo de demostración de la máquina atmosférica de Newcomen. Watt quedó intrigado por el alto consumo de vapor que tenía la máquina. Observó que parte del vapor servía para recalentar el cilindro que previamente había sido enfriado durante la fase de condensación. Midió el volumen de vapor de agua a la presión atmosférica y se encontró con que representaba 1.800 veces el del agua condensada. Se percató de que, para cada golpe del pistón, el vapor necesario era del orden de cuatro veces la capacidad del cilindro. Esa cantidad enorme de vapor tenía una relación directa con el consumo de combustible, ya que la transformación de agua en vapor requería una gran cantidad de calor.

Para disminuir las pérdidas caloríficas, Watt utilizó el calor cedido en la condensación para calentar el agua destinada a la caldera, considerando que un volumen de agua transformada en vapor podía calentar, en su condensación, uno de agua fría seis veces superior. La conclusión era que, en la máquina de Newcomen, una cantidad considerable del calor se perdía sin aprovechamiento mecánico. Este defecto tenía su origen en el hecho de que la condensación del vapor tuviera lugar en el interior de un cilindro que se refrigeraba en cada ciclo de movimiento del pistón.

En 1765 encontró una solución al problema: conectó el cilindro a un condensador separado, de manera que la condensación se produjera fuera del cilindro y, por tanto, no hubiera necesidad de enfriarlo. Para evitar las pérdidas de calor, Watt recubrió el cilindro con una camisa de vapor de agua, lo cerró por la parte superior y le añadió un *prensaestopas*, es decir, una pieza metálica roscada con la que se aprieta la estopa alrededor del eje del pistón para evitar la salida de los gases. De esta manera, la presión atmosférica dejó de ser el elemento accionador de la máquina. El descenso del pistón estaba únicamente provocado por la depresión creada en la parte inferior del cilindro al evacuar el vapor de agua hacia el condensador. Con estos elementos, en 1769 presentó su primera patente (fig. 3.11).

Watt se puso en contacto con Matthew Boulton (1728-1809), dueño de una fábrica en Soho y, en 1775, ambos constituyeron la compañía Boulton & Watt, primera empresa dedicada a fabricar motores a escala industrial. Ese mismo año lograron la prolongación de su patente hasta 1800.



3.11. Máquina de vapor de Watt de simple efecto: *El cilindro de accionamiento está rodeado de una camisa externa por la que circula agua para producir la condensación del vapor existente en el interior del mismo.*

En el éxito de las máquinas de Watt desempeñó un papel muy importante John Wilkinson. En el mismo año, 1775, se produjo un sustancial avance tecnológico, gracias al desarrollo de una taladradora sobre fundición con la que se conseguían precisiones de 1 mm. El gran problema del sellado entre el pistón y el cilindro se solucionó gracias a la nueva taladradora de Wilkinson, que era capaz de realizar un agujero circular y recto. A este éxito se añadió una novedosa política comercial basada en la instalación gratuita de las máquinas, de manera que los usuarios sólo pagaban en proporción al ahorro de combustible respecto a la de Newcomen. Su consumo era del orden de un tercio de las de Newcomen.

La solución de los problemas de construcción de los elementos de la máquina permitió a Watt plantearse dos nuevos retos. El primero consistía en conseguir un movimiento de salida que fuera rotatorio en vez de alternativo, lo que aumentaba significativamente su espectro de aplicaciones. El segundo era aprovechar, para el accionamiento, no sólo la carrera de bajada sino también la de subida, con lo que se transformaría en una de doble efecto.

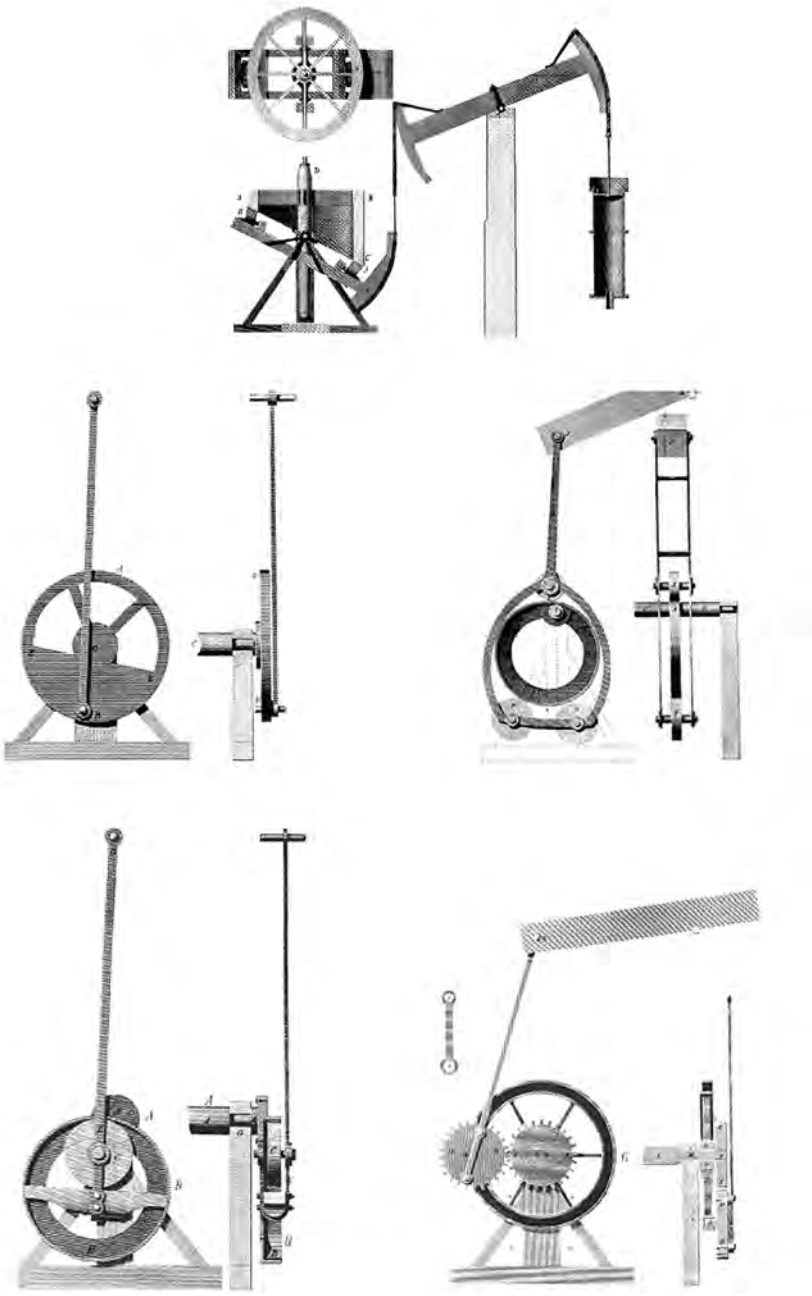
Durante los años 70 del siglo XVIII creció la demanda de una fuente de energía mecánica con movimiento rotacional continuo que permitiera impulsar artefactos como los molinos, ya que, por una parte, los sistemas tradicionales basados en la rueda hidráulica o el accionamiento mediante animales tenían una clara limitación y, por otra, la de Newcomen no estaba preparada para esta aplicación, dado que sólo suministraba potencia en una de las carreras, lo que determinaba una gran irregularidad en el funcionamineto, y, además, la salida era una traslación rectilínea alternativa, muy adecuada para las bombas de agua pero poco para las aplicaciones que demandaban movimiento rotacional.

Aunque la transmisión de la oscilación del balancín hasta una manivela mediante una barra acopladora y la conexión de la manivela a un volante de inercia parecían una solución sencilla, no era evidente para los ingenieros de aquella época. En la Real Sociedad de Londres, un orador afirmó que el uso de una manivela en la máquina de vapor para obtener una rotación de salida, aunque en teoría era válido, en la práctica era imposible debido a la irregularidad de su movimiento y a la carrera variable del pistón que podía dar lugar a roturas, o, incluso, a invertirlo en salida[63].

El mismo Smeaton, al ser preguntado sobre el uso de la máquina de vapor para el accionamiento de los molinos de grano, respondió que nunca sería comparable la regularidad de régimen de la rueda hidráulica con la irregularidad del movimiento alternativo de salida de la máquina de vapor. De hecho, llegó a recomendar que se utilizara para alimentar un depósito de agua, desde el que se accionara, a su vez, una rueda hidráulica.

Matthew Washbroug en 1779 y James Pickard en 1780 habían presentado patentes basadas en el uso de manivelas. Mientras el primero proponía el uso del volante de

[63] E. S. FERGUSON, 1962, p. 192.



3.12. Mecanismos para la transformación del movimiento de rotación alternativa del balancín en otro de rotación continua: *Watt presentó en 1781 una patente con los cinco mecanismos que aparecen en la figura. El primero lo hace mediante una rueda inclinada y fue desechado por Watt; el segundo utiliza una manivela con contrapeso; el tercero usa una rueda excéntrica con un yugo; el cuarto utiliza también una rueda excéntrica movida por una rueda interna; el último, formado por un engranaje planetario, sería el adoptado en su máquina de vapor.*

inercia para regular el movimiento, Pickard patentó un sistema formado por una manivela con contrapeso para obviar el problema de la irregularidad. La rueda con contrapeso giraba dos vueltas por cada vuelta de la manivela, lo que permitía el descenso del contrapeso cuando la manivela pasaba por las posiciones de punto muerto.

Watt no llegó a convencerse de la bondad de la solución de la manivela ni del uso del volante. En 1781 presentó una patente con cinco soluciones[64] (fig. 3.12) para la transformación del movimiento oscilatorio del balancín en otro rotacional continuo. De ellas, la formada por un engranaje planetario sería la que se adoptaría más adelante. Utilizaba una rueda sol y un planeta de igual tamaño. El dispositivo tenía la ventaja de hacer girar al volante de inercia dos vueltas por cada carrera del pistón, lo que permitía disminuir el tamaño del volante a una cuarta parte[65].

La resolución del segundo problema, el de la transmisión del movimiento del émbolo al balancín, era un reto muy importante. La cadena, como elemento de transmisión, sólo puede funcionar en tracción. Por tanto, en la carrera de subida del émbolo, éste no podía transmitir el movimiento al balancín por medio de la cadena.

La primera solución desarrollada por Watt fue unir el eje del émbolo a una cremallera (fig. 3.13); pero la irregularidad de movimiento de la máquina junto con la debilidad de los dientes de la cremallera, que se rompían con facilidad, la hizo inviable.

El 28 de abril de 1784, Watt presentó una patente[66] (fig. 3.14) que incluía diversas soluciones al guiado rectilíneo del émbolo. Una de ellas utilizaba un cuadrilátero articulado, de modo que un punto de la barra acopladora trazaba una trayectoria casi rectilínea. Un poco más adelante, añadió al cuadrilátero articulado un mecanismo de pantógrafo[67] –en 1606, el jesuita alemán Christoph Scheiner había desarrollado el pantógrafo, un aparato que permite reproducir cualquier dibujo (fig. 3.15)–. Después del invento del cuadrilátero articulado, que denominaremos *mecanismo singular de Watt,* éste desarrolló una extensión en forma de pantógrafo (fig. 3.16), que llamaremos *mecanismo extendido de Watt.* Ésta fue la solución más utilizada en adelante, por lo cual Watt llegó a escribir a su hijo: «Estoy más orgulloso del movimiento paralelo que de cualquier otra invención mecánica que haya hecho». Watt denominaba «movimiento paralelo» al guiado rectilíneo del eje del pistón.

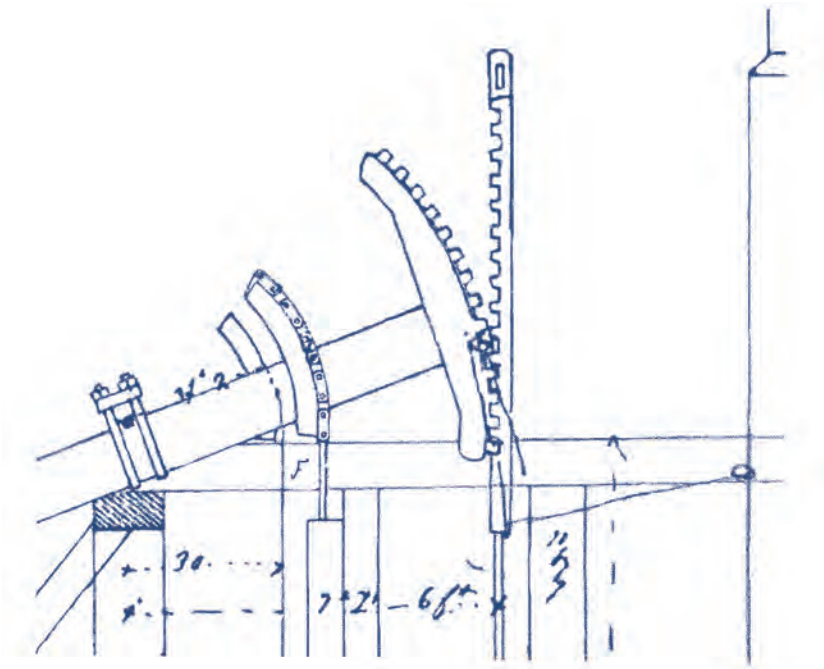
---

64 Las cinco soluciones eran: una rueda inclinada, una manivela con contrapeso, una excéntrica con un yugo externo, una rueda excéntrica con una rueda interna y un engranaje epicicloidal. Esta última sería la empleada en las máquinas construidas.

65 Según la teoría clásica de cálculo aproximado del volante, su inercia es inversamente proporcional al cuadrado de la velocidad de rotación del eje sobre el que está colocado el volante. Por tanto, si la velocidad es el doble, la inercia se reducirá a la cuarta parte.

66 La patente presentada por Watt, British Patent 1432 de 28 de abril de 1784, contenía tres diseños: el cuadrilátero articulado, hoy conocido como *mecanismo de Watt*, un mecanismo de biela-manivela y otro formado por dos sectores circulares suspendidos de cuerdas. Watt utilizaría el primer mecanismo y su modificación mediante pantógrafo.

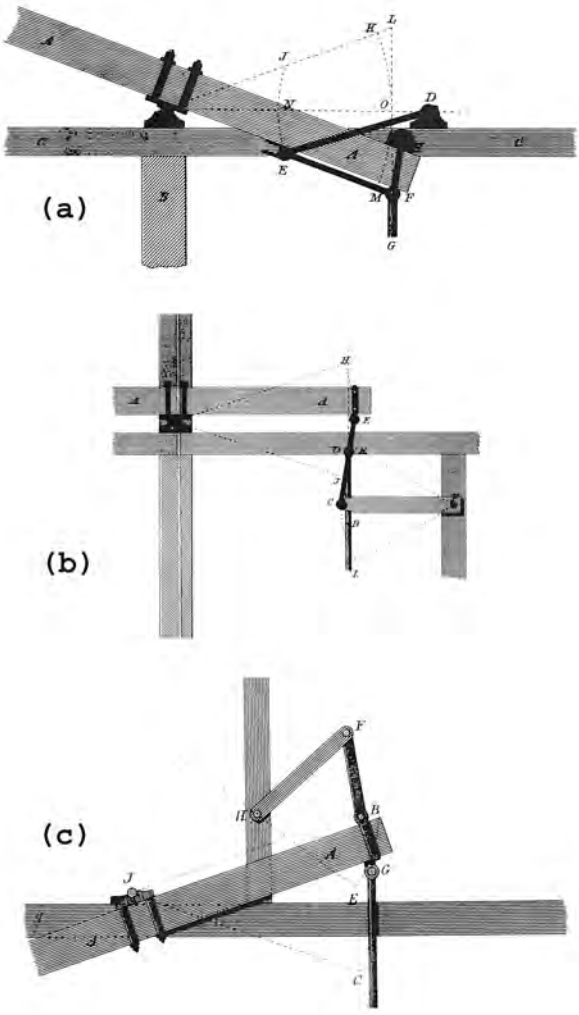
67 T. KOETSIER, 1983, pp. 37-40.



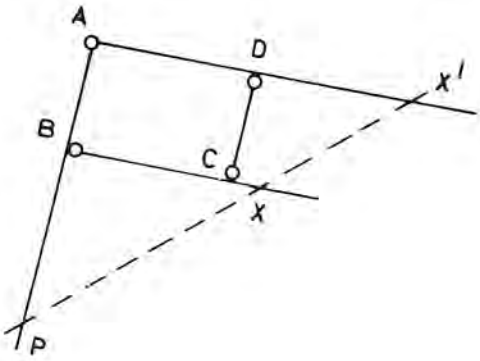
3.13. Transmisión del movimiento de elevación del pistón al balancín mediante cremallera: *En este dibujo original de Watt puede observarse la primera solución al guiado rectilíneo del pistón; el eje del pistón termina en una cremallera vertical que engrana con el extremo dentado del balancín. Es muy interesante observar que sobre el dibujo, en la parte inferior derecha, aparecen, hechas a mano por el mismo Watt, unas líneas inclinadas que corresponden al esquema del llamado* mecanismo de Watt singular. *En Dickinson y Jenkins,* James Watt and the Steam Engine *(1927), pl. XXXV.*

A estos avances hay que añadir el empleo en 1787 del regulador centrífugo de bolas que permitía controlar de forma automática la velocidad de la máquina. El mecanismo consiste en un doble péndulo formado por dos mecanismos biela-manivela acoplados y colocados sobre un eje que gira a una velocidad proporcional a la de salida de la máquina. El aumento de la velocidad provoca, a su vez, el de la fuerza centrífuga que actúa sobre las bolas del péndulo. El desplazamiento hacia el exterior de éstas hace subir la deslizadera, y este movimiento se aprovecha para cerrar la alimentación de vapor. Contrariamente, el descenso de velocidad provoca la disminución de la fuerza centrífuga y, con ello, el descenso de la deslizadera y la apertura de la alimentación. Con eso se conseguía que la máquina girara a velocidad prácticamente constante con independencia de la carga. Este mecanismo no pudo ser patentado por Watt porque ya estaba siendo empleado en molinos de grano y había sido registrado en 1787 por Thomas Mead.

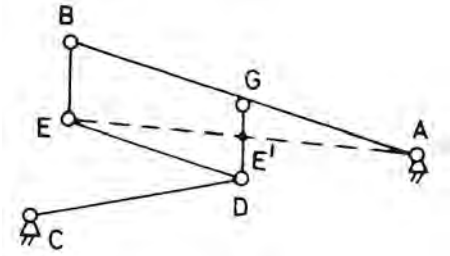
La máquina de doble efecto se empezó a utilizar en Inglaterra, pero su diseño era desconocido en el continente europeo. Probablemente, la primera utilización de este



3.14. Guiado rectilíneo del pistón y su conexión al balancín: *Patente presentada por Watt en 1784. Destaca la segunda solución, que constituye el llamado* mecanismo de Watt singular. *El mecanismo consta de cuatro barras: el bastidor de la máquina o barra fija, dos balancines que oscilan como puede observarse en la figura y una barra acopladora articulada a los balancines en los puntos C y E. El punto central de la barra acopladora D traza una trayectoria casi rectilínea, y es el punto de conexión del eje del pistón con el mecanismo. En Muirhead,* The origin and progress of the Mechanical Inventions of James Watt *(1854), vol. III, pl. XXII y XXIII.*



3.15. Mecanismo de pantógrafo de Scheiner desarrollado en 1606: *Consiste en un cuadrilátero articulado ABCD en forma de paralelogramo. Si P es un punto fijo y P, X y X′ son colineales, X y X′ describen curvas semejantes. Esto permite reproducir dibujos en diferentes dimensiones. (KOETSIER, 1983.)*



3.16. Mecanismo de Watt extendido: *Mecanismo utilizado por Watt en sus máquinas de vapor. Puede considerarse un mecanismo de Watt singular con una extensión en forma de pantógrafo. Como EDGB es un paralelogramo, el punto E describe una curva semejante a la descrita por la intersección de EA y GD, es decir, el punto E'. Por tanto, si AGDC forman un mecanismo de Watt singular, el punto E' describirá aproximadamente una recta y, en consecuencia, también lo hará el punto E. (KOETSIER, 1983.)*

nuevo diseño se produjo en los famosos Albion Mills en 1786. Boulton y Watt construyeron alrededor de 500 máquinas, de las cuales dos terceras partes fueron de doble efecto. Cada máquina tenía una potencia media de 15 CV.

IV.3. Betancourt y la máquina de vapor[68]

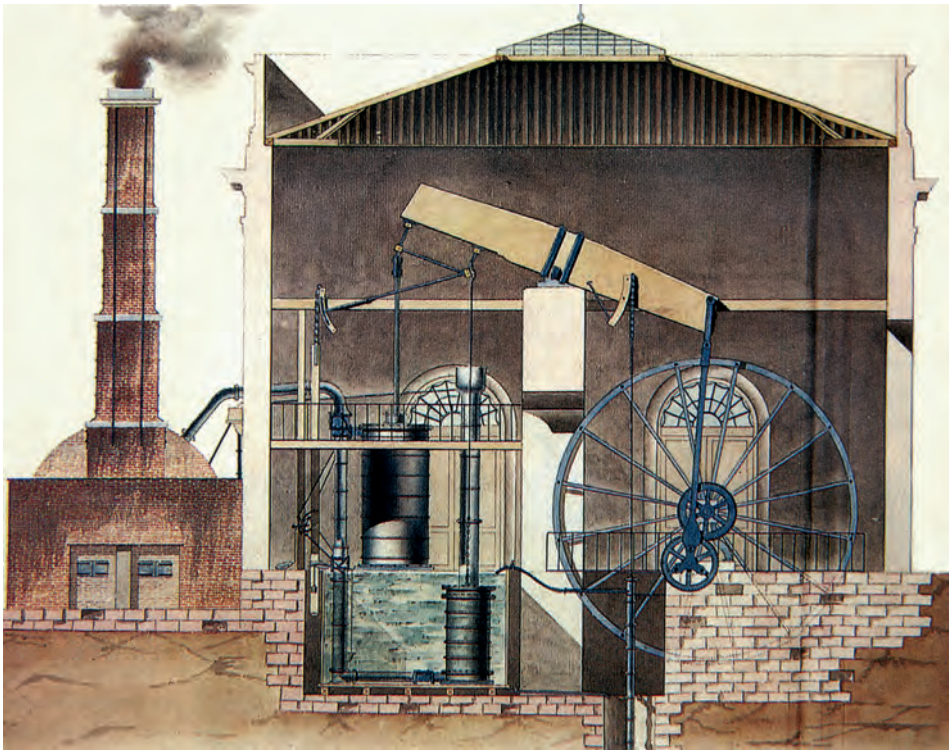
En este punto vuelve a aparecer Betancourt. Es muy interesante su relato sobre cómo llegó al conocimiento de la máquina de Watt:

> «Encontrándome encargado por la Corte Española de hacer una colección de modelos relativos a la hidráulica, deseaba ver una de las máquinas de vapor que reuniera todos los descubrimientos realizados hasta el momento. Para ello me dispuse a trasladarme a Inglaterra con el fin de adquirir todos los conocimientos necesarios sobre la perfección de dicha máquina; no ignoraba que en dicho país, en el que se han hecho la mayoría de las aplicaciones de las máquinas de vapor, es donde se ha tenido mayor número de ocasiones de reconocer los defectos y por consiguiente las correcciones a aplicar.
>
> Apenas llegado a Londres, hablé con varios mecánicos y físicos; todos se limitaron a explicarme el efecto del vapor en las antiguas máquinas; y no me dijeron nada que no fuera ya conocido en Francia. Pero sabiendo que los señores Wast y Bolton [sic] habían hecho descubrimientos recientes sobre la máquina de vapor, por medio de los cuales producían los mismos efectos con menos combustible, tomé la decisión de ir hasta Birmingham para conocer a estos célebres artistas. Llegado hasta ellos, me recibieron con la mayor honestidad y en señal de estima me mostraron sus fábricas de botones y de chapado de plata; pero no me enseñaron ninguna de sus máquinas de vapor, se limitaron a decirme que las que hacían actualmente eran superiores a todas, porque sus velocidades se controlaban a voluntad y consumían mucho menos combustible que las que habían hecho anteriormente; no me dejaron sospechar de dónde procedían tan grandes ventajas.

[68] F. J. GOICOLEA: «Memoria de Betancourt sobre la máquina de vapor de doble efecto», en VV. AA.: *Betancourt. Los inicios de la ingeniería moderna en Europa*, CEHOPU, Madrid, 1996, pp. 111-114.

> De regreso a Londres, un amigo me obtuvo un permiso para ver los molinos que se han construido cerca del puente de Blas-Friars; debían tener tres máquinas de vapor y cada una debía accionar diez molinos. Solo una de estas máquinas estaba montada, las otras dos debían de estarlo de forma inminente.
>
> De entrada me quedé sorprendido al ver que se había suprimido la cadena unida al balancín y que suspendía el pistón dentro del cilindro de vapor; había sido sustituida por un paralelogramo, del que daré la descripción más adelante [...].
>
> Al día siguiente del que vi esta máquina partí para Francia; de retorno a mi casa me dediqué particularmente, recordando fielmente todas las piezas que había podido ver, a tratar de adivinar su uso; para ello dibujé diversos planos y perfiles, y llegué a componer una máquina de doble efecto; desde ese mismo instante emprendí la construcción del modelo que ha sido un éxito más allá de mis esperanzas.
>
> Como esta máquina puede ser de una gran utilidad en las artes mecánicas y he encontrado ventaja de su economía de construcción y de consumo de combustible, he pensado que la Academia recibiría con placer la descripción que voy a dar». (Fig. 3.17.)

Betancourt presenta la *Mémoire sur une machine à vapeur à double effet* el 15 de diciembre de 1789. El registro de sesiones del 16 de diciembre de 1789 de la Real Aca-



3.17. Máquina de vapor de Watt de doble efecto: *Dibujo de Agustín de Betancourt (1788). El dibujo recoge los aspectos novedosos de la máquina, algunos de los cuales vio y otros intuyó. Entre ellos destaca el mecanismo de Watt extendido y el engranaje planetario.*

demia de Ciencias constata que «El señor Betancourt ha presentado una Memoria sobre una máquina de vapor de doble efecto» y que los comisarios Jean Charles Borda (1733-1799) y Gaspard Monge (1746-1818) han sido designados para informar sobre dicha memoria. En la sesión del 10 de febrero de 1790, el informe de los comisarios concluye:

> «Pensamos que la Academia debe aplaudir el celo y las luces del señor Betancourt que ha procurado para Francia el poder de un descubrimiento cuyo conocimiento no le habría llegado de forma natural hasta más tarde y que la memoria que presenta, digna de aprobación, debe ser impresa en la colección de las de sabios extranjeros».

Simultáneamente, en 1790, el industrial Périer, amigo de Betancourt, que había obtenido un privilegio para instalar molinos de grano, introduce las primeras máquinas de vapor de doble efecto montadas en Francia en el molino ubicado en l'Île des Cygnes, siguiendo los desarrollos de Betancourt.

Estos hechos, relatados por el mismo Betancourt, se han puesto como ejemplo de espionaje industrial sin profundizar en su verdadero protagonismo. Lo cierto es que su papel en la difusión de la máquina de vapor de doble efecto va más allá del hecho de transmitir la información averiguada en Inglaterra. En primer lugar, consta que Betancourt no pudo observar con detalle toda la máquina. De hecho, no llegó a tener conocimiento de un elemento muy importante para su funcionamiento controlado, que impropiamente fue llamado "regulador centrífugo de Watt". Algunos historiadores han querido ver en Betancourt un buen mecánico y un buen observador, mero transmisor de lo que pudo ver en Albion Mills. Sin embargo, parece que estas cualidades no son suficientes para el desarrollo de la máquina que propuso.

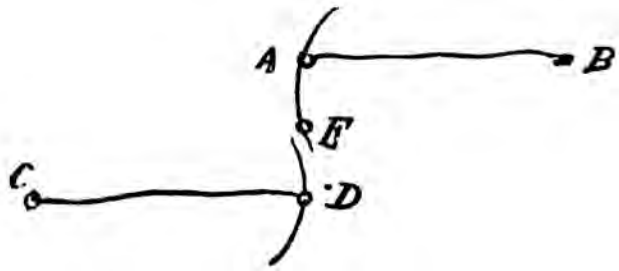
De hecho, en 1787 Albion Mills recibió a tres ilustres visitantes franceses. Uno de ellos, el famoso Coulomb, era conocedor de la máquina de vapor de simple efecto ya que había pertenecido a cuatro comisiones designadas en 1783 por la Academia de Ciencias para inspeccionar los diseños de Périer obtenidos a partir de los de Watt. Consta que pudo ver con sus compañeros la máquina de doble efecto y que incluso trató de hacer un croquis, pero fueron sorprendidos por un empleado y, como consecuencia, Boulton se opuso a su visita posterior a las instalaciones de Soho. Pese a haber visto la máquina con tanto detalle, la información no le sirvió para hacer ninguna propuesta de diseño a su regreso a Francia[69].

Gaspard de Prony (1755-1839), en su *Nouvelle Architecture Hydraulique* (París, 1796), hace referencia al descubrimiento de Betancourt y, en palabras que pueden haberle sido transmitidas por él mismo, manifiesta lo siguiente:

> «Los artistas deben saber que estas observaciones son difíciles de hacer, cuando no se ha tenido más que pocos instantes para examinar una máquina enmascarada por las distribuciones de un edificio, que aíslan las diferentes partes, incluso exteriores, e impiden que se pueda tener la correspondencia, el conjunto y el efecto general».

---

[69] I. GOUZEVITCH, 2005, p. 21.



3.18. Dibujo de Watt en torno al mecanismo de Watt singular: *Este dibujo acompaña a la justificación de la causa por la que el mecanismo singular genera una trayectoria casi rectilínea.*

Para confirmar que Betancourt, además de visión mecánica, poseía una alta capacidad de innovación al plantear los problemas del diseño de mecanismos, queremos centrarnos en un punto que ha pasado desapercibido para los historiadores: fue el propio Betancourt quien, al ver el mecanismo de conexión del émbolo con el balancín, dedujo que la máquina poseía un doble efecto. Es en ese momento cuando, en nuestra opinión, se produjo una aportación innovadora.

Reuleaux, en la introducción a su *Theoretische Kinematik,* hace estos comentarios sobre el desarrollo del mecanismo de guiado rectilíneo realizado por Watt (fig. 3.18):

> «Watt nos ha mostrado en una carta algunas indicaciones de la línea de pensamiento que le dirigió directamente al mecanismo aludido. "La idea –escribe a su hijo en noviembre de 1808– se originó de la siguiente manera. Encontrando muy inconvenientes las dobles cadenas, o las cremalleras y sectores dentados para la transmisión del movimiento desde el eje del pistón al movimiento angular del balancín, trabajé para probar si podría encontrar algún medio de realizar lo mismo mediante movimientos de rotación alrededor de centros, y después de algún tiempo se me ocurrió que siendo AB y CD dos radios iguales girando alrededor de los centros B y C, y conectados entre ellos mediante una varilla AD, moviéndose a lo largo de arcos de igual longitud, la desviación de la línea recta sería aproximadamente igual y opuesta, y que el punto E debería describir aproximadamente una recta, y que si por conveniencia el radio CD fuera sólo la mitad del AB, desplazando el punto E más cercano al D sucedería lo mismo, y de esta construcción fue derivado el posteriormente denominado movimiento paralelo".
>
> Interesándonos por el contenido de esta carta, un examen más minucioso de la misma revela una deficiencia que quizás haya también descubierto. Encontramos en ella los motivos así como alguno de los resultados finales del ejercicio de Watt, pero no obtenemos indicaciones de ninguna secuencia metódica de ideas dirigidas a dicho fin».

El mismo Reuleaux afirma que esta carta fue escrita por Watt veinticuatro años después de la invención, con un tiempo prolongado para la reflexión.

En 1788 –pasados cuatro años de la presentación de la patente de Watt y veinte años antes de la carta comentada–, en la memoria sobre la máquina de vapor, Betancourt se plantea y desarrolla el problema de dimensionamiento del cuadrilátero articulado. Se afirma que el primer estudio teórico del mecanismo de Watt, que trataba de

determinar la desviación respecto a la trayectoria rectilínea, es el que efectuó Prony en el segundo volumen de su *Architecture Hydraulique*, publicado en 1796[70]. Sin embargo, podemos aseverar que fue Betancourt, en la memoria presentada en 1789, quien lo realizó. En primer lugar, describe el problema que pretende solucionar con el mecanismo (fig. 3.19):

> «Hemos visto que el pistón WW que pone en movimiento el balancín es empujado tanto de arriba abajo como de abajo arriba. Para producir el primer movimiento, será suficiente suspender el pistón del balancín P′Q′ por medio de una cadena, como se hace en las bombas comunes, pero no es lo mismo para el movimiento de abajo arriba, pues la cadena, plegándose, no podrá comunicar el movimiento al balancín.
>
> Es, pues, necesario encontrar, para comunicar al balancín el doble movimiento del pistón, un medio capaz de producir los dos efectos, sin desplazar sensiblemente el pistón de la vertical, ya que el extremo del balancín recorre un arco de círculo.
>
> Esto es lo que ha conseguido M. Watt mediante un paralelogramo que creo es de su invención y cuyos tres vértices R′S′T′ tienen la propiedad de recorrer arcos circulares, mientras que el cuarto V′, unido al pistón, describe una línea aproximadamente recta, tal como lo hemos visto».

A continuación plantea lo que denomina «problema general» (fig. 3.20):

> «Si se quiere tratar el problema del paralelogramo con toda generalidad de la que es susceptible, tratando de encontrar todas las soluciones posibles, se podría presentar el trabajo a los geómetras enunciando la cuestión de la manera siguiente:
>
> Si en un paralelogramo CB, DE, los puntos CB trazan arcos de círculo de radio AC, AB, y el punto E traza también un arco de círculo de radio XE, ¿qué relación debe existir entre CB, BE, XE y XT para que la línea que traza el punto D se aproxime lo más posible a la recta DO perpendicular a AO?».

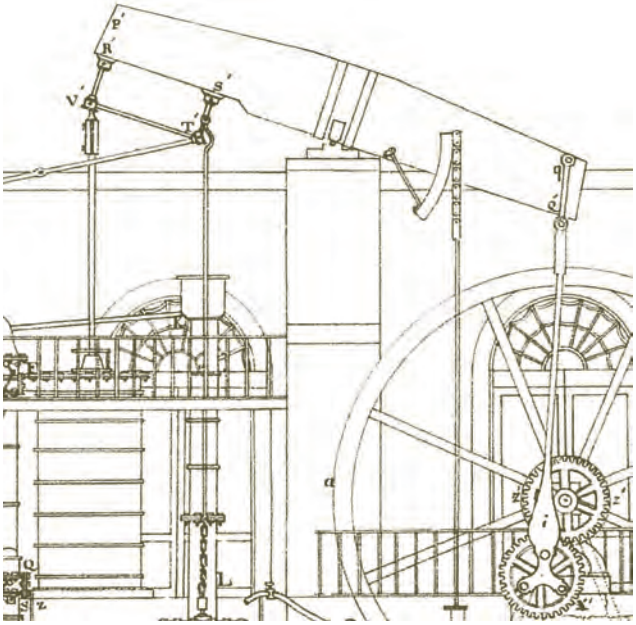
Frente a la aproximación empírica de Watt, Betancourt plantea y resuelve el problema mediante métodos geométricos, intuyendo que la solución sólo puede ser aproximada. Es algo que será enunciado por Hachette años más tarde[71]. A la vista de la complejidad del asunto, Betancourt enuncia lo que denomina el «planteamiento particular» del problema general:

> «Como lo único que nos interesa en esta cuestión es la aplicación al movimiento de la máquina de vapor, nos limitaremos a considerar un caso particular del enunciado general que acabamos de presentar.
>
> Hemos supuesto que los lados del paralelogramo son dados y constantes, que el punto D se encuentra sobre la línea DR, perpendicular a AO, en las tres posiciones AC, AO y AQ, y que el ángulo CAO es igual al OAQ. Nos proponemos calcular el radio del círculo que pasa por los tres puntos ELM».

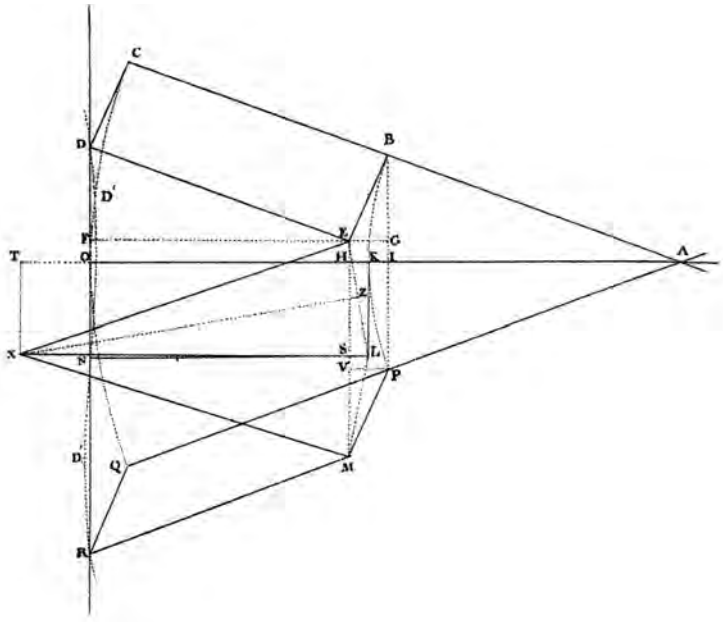
---

70 R. PRONY, 1796, seconde partie, pp. 123-142.

71 En *Histoire des machines à vapeur depuis leur origine jusqu'à nos jours,* de 1830, Hachette afirma sin pruebas que la curva descrita por el punto de conexión del eje del pistón y el paralelogramo de Watt es de sexto grado.

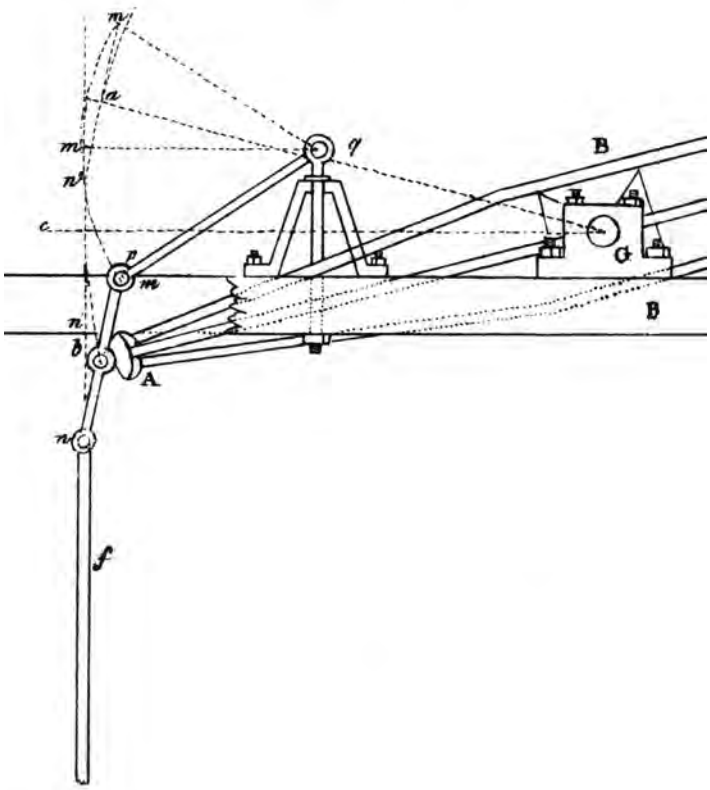


3.19. Máquina de vapor de Watt de doble efecto: *Betancourt,* Mémoire sur une machine à vapeur à double effet *(1789), lámina III. En este detalle del dibujo de Betancourt pueden observarse algunas de las partes a las que hace referencia para explicar el funcionamiento del mecanismo de Watt singular: P′ y Q′ son los extremos del balancín; R′ y S′ son las articulaciones de unión del mecanismo de Watt al balancín; T′ es la articulación con el balancín inferior; V′ es la articulación de unión del mecanismo de Watt con el eje del pistón, siendo el punto que describe una trayectoria casi rectilínea.*



3.20. Esquema geométrico utilizado por Betancourt para describir el funcionamiento del mecanismo de Watt: *Betancourt,* Mémoire sur une machine à vapeur à double effet *(1789), lámina IV. Al balancín superior correspondería el segmento AC, que gira alrededor del punto fijo A; al balancín inferior, el segmento XE, que gira alrededor del punto fijo X; al pantógrafo corresponderían los segmentos DE, EB, BC y CD, articulados en sus cuatro vértices; el punto D es el que se mueve a lo largo de la trayectoria casi rectilínea y sería el punto de unión del mecanismo de Watt con el eje del pistón. El dibujo representa el mecanismo en tres posiciones: el balancín superior en la posición más elevada (posición AC); en su posición intermedia (posición AO); y más baja (posición AQ).*

Fig 0 17



3.21. Explicación en el* Essai *del procedimiento de cálculo de las dimensiones del mecanismo para que el punto* n *siga una trayectoria rectilínea: *Lanz y Betancourt,* Essai sur la composition des machines *(1808), O.17. La descripción del método de cálculo de las dimensiones es la siguiente: ABC es el balancín de una bomba de vapor; G, el centro de rotación de este mismo balancín;* nm*, una barra de hierro que puede girar libremente alrededor de un eje* b *colocado en la extremidad A del balancín que divide la barra* nm *en dos partes iguales; esta barra de hierro* nm *enlaza por uno de sus extremos* n *con el vástago* f *del pistón de la bomba, y por el otro extremo* m *con la barra de hierro* pg*, que gira alrededor de un eje fijo* q.

Se suponen conocidos: 1.º, las dimensiones del balancín ABB; 2.º, la posición de su centro de rotación G; 3.º, el arco de círculo bca que debe recorrer en cada oscilación el extremo del balancín, arco que debe ser tangente a la dirección del pistón f *de la bomba; 4.º, la longitud de la barra de hierro* nm*.*

Se pide cuál debe ser la longitud de la varilla pq *y la posición de su centro de rotación* q *para que el recorrido del pistón se separe lo menos posible de su dirección rectilínea.*

Se determina la posición de tres puntos m, m', m''*, de modo que indiquen la que el extremo* m *de la barra dada* nm *debe tener al comienzo, hacia el medio y al fin de la carrera del balancín, para que en estas tres posiciones la otra extremidad* n *se encuentre precisamente en la dirección de la varilla f del pistón. Se hace pasar un círculo por estos tres puntos; el radio de este círculo será igual a la longitud del tallo y su centro será el que debe servirle de rotación.*

La curva trazada por el extremo n *del tallo* f *del pistón pasa por los tres puntos* n, n', n''*, y se separa tanto menos de la línea recta cuanto más pequeño sea el arco* acb *recorrido por el balancín.*

Una descripción más clara del procedimiento será publicada posteriormente en el *Essai* (fig. 3.21). Así pues, Betancourt plantea y resuelve un ejemplo de lo que muchos años después se conocerá como problema de *Síntesis de generación de trayectorias con n puntos de precisión*[72].

De forma más clara, Lanz y Betancourt explican en el *Essai* el método sobre el llamado mecanismo de Evans. Una cuestión, de momento sin respuesta, es de qué manera este mecanismo, atribuido a Oliver Evans (1755-1819) y referenciado en 1813, aparece en el *Essai* en 1808 acompañado de un método para su dimensionamiento y sin hacer mención de las fuentes de donde se ha recogido.

Siguiendo la descripción del procedimiento para dimensionar este mecanismo que aparece en el *Essai*, se puede observar que el método propuesto es absolutamente el mismo que se utiliza en los textos actuales de *Síntesis de generación de trayectorias con tres puntos de precisión en un cuadrilátero articulado*[73]. Además, añade que este método se puede emplear en el mecanismo del paralelogramo de Watt y en el "resuelto" por Betancourt. Es una incógnita el significado en este texto de la palabra "resuelto", pero claramente se trata del cuadrilátero articulado singular patentado por Watt. Es posible que, aunque Betancourt conociera ya el mecanismo extendido de Watt, no hubiese conocido el mecanismo singular y, por tanto, lo hubiera redescubierto después de Watt.

IV.4. El problema cinemático del guiado rectilíneo después de Watt y Betancourt[74]

En el siglo XIX se desarrolló un enorme interés, por parte tanto de ingenieros como de matemáticos, por estudiar las propiedades de las trayectorias trazadas por los puntos del acoplador de un cuadrilátero articulado. Ese interés comenzó a aparecer en Francia y se trasladó después a Inglaterra y Alemania.

Como ya se ha mencionado, en 1796 Prony publicó el segundo volumen de su *Architecture Hydraulique* y en él desarrolló el primer estudio sobre la desviación de

---

72 *Síntesis exactas:* son aquellas en las que las condiciones exigidas se pueden satisfacer exactamente. *Síntesis con puntos de precisión:* son síntesis exactas de un número finito de especificaciones. *Síntesis de generación de trayectorias con n puntos de precisión:* son síntesis en las que se introduce la condición de que la trayectoria de un punto del mecanismo pase con exactitud por n puntos del espacio de movimiento del mecanismo.

73 En la figura O.17 del *Essai* y en el texto que la acompaña queda explicado el procedimiento para obtener una síntesis de guiado rectilíneo con tres puntos de precisión, por un procedimiento semejante al utilizado en un manual moderno como, por ejemplo, en J. NIETO: *Síntesis de Mecanismos*, AC, Madrid, 1978, pp. 102-103.

74 A. B. KEMPE, 1877; H. NOLLE, 1974; T. KOETSIER, 1983: «A contribution to the history of Kinematics – I. Watt straight-line linkages and the early French contributions to the theory of the planar 4-bar coupler curve», *Mechanism and Machine Theory,* vol. 18, pp. 37-42; «A contribution to the history of Kinematics – II. The work of English mathematicians on linkages during the period 1869-78», *Mechanism and Machine Theory,* vol. 18, pp. 43-48.

la trayectoria del mecanismo de Watt respecto a la línea recta. Hachette, en su *Histoire des machines à vapeur depuis leur origine jusqu'à nos jours* (1830), incluye una prueba de la equivalencia entre el mecanismo de Watt y el desarrollado por Oliver Evans en su máquina Columbia antes de 1813. En 1836, Alexandre Joseph Hidulphe Vincent (1779-1868) publicó por primera vez la ecuación de la curva del punto que genera trayectorias casi rectilíneas. Simultáneamente, el gran matemático ruso Pafnuti Chebyshev (1821-1894) trataba de buscar soluciones mejores al trazado aproximado de trayectorias rectilíneas y manifestaba su pesimismo respecto a la posibilidad de encontrar un mecanismo de barras articuladas que pudiera trazar con exactitud una línea recta.

Parece ser que el trabajo de Vincent tuvo influencia sobre Charles Nicolas Peaucellier (1832-1913), quien, en 1864, fue el primero en obtener un mecanismo de barras articuladas (fig. 3.22) que trazaba con exactitud una trayectoria rectilínea.

Muchos han sido los mecanismos desarrollados después de Watt con el objeto de trazar trayectorias casi rectilíneas. En las figuras adjuntas (fig. 23) podemos observar algunos de ellos, extraídos del libro de Artobolevskii[75].

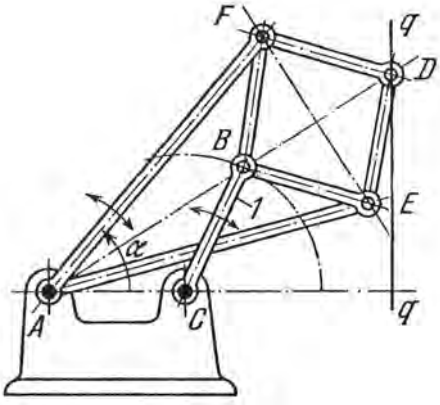
El interés por los mecanismos y, en concreto, por las trayectorias trazadas por algunos de sus puntos, alcanzó a un grupo de matemáticos ingleses que realizaron importantes aportaciones a la cinemática teórica: Arthur Cayley (1821-1895), Harry Hart (1848-?), Alfred Bay Kempe (1849-1922), Samuel Roberts (1827-1913) y James Joseph Sylvester (1814-1897).

Los trabajos de Roberts y de Cailey están más directamente conectados con los desarrollos en geometría analítica, principalmente en la teoría de curvas algebraicas. Roberts justifica su interés con el fin de trazar y estudiar las propiedades de las curvas; establece que el movimiento de un punto del acoplador de un cuadrilátero articulado describe una curva de sexto grado y que existen tres cuadriláteros articulados diferentes cuya barra acopladora genera la misma trayectoria. Los trabajos de Sylvester y de Kempe, más elementales, están claramente relacionados con la posibilidad de inventar nuevos instrumentos. En ellos se refleja de manera más evidente que la ingeniería mecánica era, en ese momento, una de las tecnologías dominantes.

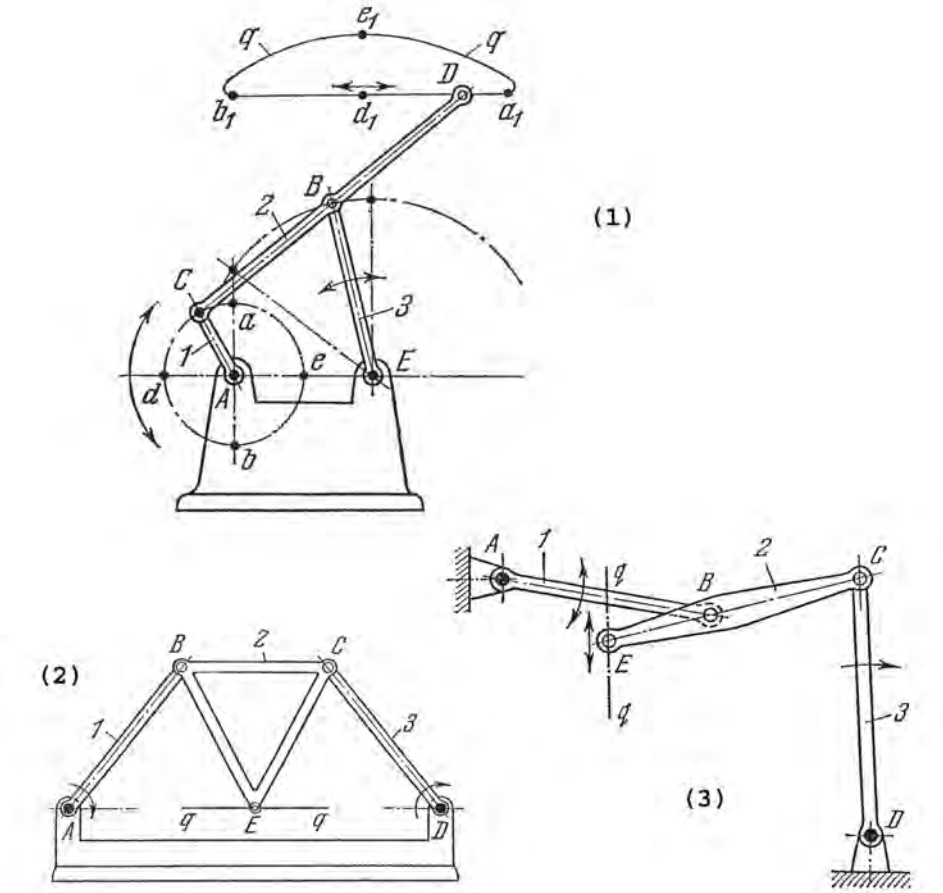
Más allá de los mecanismos que trazan trayectorias rectilíneas de forma exacta o aproximada y de las propiedades de las trayectorias, quedaba sin resolver un problema que intuyó Betancourt y que sería planteado de forma rigurosa cien años después de la presentación de la memoria sobre la máquina de vapor: obtener las dimensiones de un mecanismo que permitiera obtener una trayectoria determinada. Burmester, en su *Lehrbuch der Kinematik* (1888), plantea por primera vez métodos geométricos para la resolución del problema de síntesis de generación de trayectorias.

---

[75] I. I. ARTOBOLEVSKII, 1976, vol. I, pp. 386-429.



3.22. Mecanismo de Peaucellier desarrollado en 1864: *El punto D traza una trayectoria rectilínea exacta. (ARTOBOLEVSKII , 1976, fig. 701.)*



3.23. Mecanismos de guiado rectilíneo: *1) Mecanismo de Chebyshev (1821-1894); 2) Mecanismo de Roberts (1827-1913); 3) Mecanismo de Evans (1755-1819). (ARTOBOLEVSKII, 1976, figs. 651, 660 y 664.)*

V

Conclusión

Podemos concluir que, a través de la figura de Agustín de Betancourt y Molina, director del Real Gabinete de Máquinas, España estuvo presente en los albores de la nueva ciencia de la ingeniería, que posteriormente sería la Teoría de Máquinas y Mecanismos. Sin embargo, en este análisis histórico no podemos dejar de mencionar las pocas consecuencias prácticas que tales avances y trabajos tuvieron para nuestro país. La trágica situación de España a comienzos del siglo XIX provocó que gran parte del conocimiento adquirido se perdiera.

En 1808, el mismo año de publicación del *Essai*, a la vista de la evolución de los acontecimientos en España, Betancourt decide entrar al servicio del emperador ruso. En Rusia demostró las habilidades y los conocimientos adquiridos y los aplicó al diseño y construcción de numerosos dispositivos. Pero sobre todo contribuyó de manera muy especial al nacimiento de la importante Escuela Mecánica Rusa[76], que, años más tarde, pasaría a ser uno de los pilares fundamentales del desarrollo de la TMM. La obra recopilada con tanto esfuerzo para el Real Gabinete de Máquinas –planos y maquetas–, tras diversos avatares[77], desapareció sin dejar rastro y sin cumplir la función de difusión de las tecnologías de máquinas, para la que había sido coleccionada y de la que tanta necesidad había en España.

BIBLIOGRAFÍA

ARTOBOLEVSKII, I. I.: *Mecanismos en la técnica moderna*, MIR, Moscú, 1976.

—«Past, present and future of the Theory of Machines and Mechanisms», *Mechanism and Machine Theory*, 1976, vol. XI, pp. 353-361.

BÉLIDOR, B. F. de: *Architecture hydraulique*, Cellot, París, 1782.

BERTHELOT, C. F.: *La Mécanique appliquée aux arts, aux manufactures, à l'agriculture et à la guerre*, París, 1782.

BESSON, J.: *Théâtre des instruments mathématiques et méchaniques*, Chouet, Lyon, 1594.

BETANCOURT, A.: *Mémoire sur une machine à vapeur à double effet*, París, 1789.

BÖCKLER, G. A.: *Theatrum machinarum novum,* Nuremberg, 1661.

BRANCA, G.: *Le Machine*, Mascardi, Roma, 1629.

CAUS, S. de: *Les raisons des forces mouvantes*, Jan Norten, Frankfurt, 1615.

[76] I. GOUZEVITCH, 2003.

[77] A. RUMEU, 1990.

CECCARELLI, M.: «Mechanism schemes in teaching. A historical overview», *ASME Journal of Mechanical Design,* vol. 120, 1998, pp. 533-541.

—«The challenges for machine and mechanisms design at the beginning of the third millennium as viewed from the past», *Proceedings of COBEM*, 2001, vol. 20, pp. 132-151.

—«Historical evolution of the classification of Mechanisms», *Int Simp. On History of Machines and Mechanisms, HMM2004,* Cassino, 2004.

—y CUADRADO, J. I.: «Sobre el *Essai* sur la composition des machines por José María de Lanz y Agustín de Betancourt en 1808», en *III Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica*, La Habana, 1997.

CHASLES, M.: *Exposé historique concernant le cours de machines dans l'enseignement de l'École Polytechnique*, Gauthier-Villars, París, 1880.

DE JONGE, A. E. R.: «What is wrong with kinematics and mechanisms?», *Mechanical Engineering,* vol. 64, 1942, pp. 273-278.

—«A brief account of Modern Kinematics», *Transactions of the ASME*, vol. 65, 1943, pp. 663-683.

DIDEROT, D. y D'ALEMBERT, J. R.: *Recueil de planches, sur les sciences, les arts libéraux, et les arts méchaniques, avec leur explication, seconde livraison, première partie,* Briasson, París, 1763.

DIMAROGONAS, A. D.: «The origins of the Theory of Machines and Mechanisms», en ERDMAN, A. G. (ed.): *Modern Kinematics. Developments in the last forty years*, John Wiley & Sons, Nueva York, 1993.

FERGUSON, E. S.: «Kinematics of Mechanisms from the time of Watt», *Contributions from the Museum of History and Technology*, paper 27, pp. 186-230, Washington, 1962.

FERNÁNDEZ, J. y GONZÁLEZ, I. (ed.): *Descripción de las máquinas del Real Gabinete*, Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología, Madrid, 1991.

FREUDENSTEIN, F.: «Kinematics: Past, Present and Future», *Mechanism and Machine Theory,* vol. VIII, 1972, pp. 151-160.

GARCÍA-DIEGO, J. A.: *En busca de Betancourt y Lanz,* Castalia, Madrid, 1985.

GOUZEVITCH, I. y GOUZEVITCH, D.: «Agustín de Betancourt. El modelo de la comunicación profesional de los ingenieros a finales del siglo XVIII y principios del XIX», en *Actas del Seminario Orotava Ciencia y Romanticismo*, Canarias, 2003, pp. 303-327.

—«Le "grand tour" des ingénieurs et l'aventure internationale de la machine à vapeur de Watt. Un essai de comparaison hispano-russe», en LAFUENTE, A. y CARDOSO, A.: *Maquinismo ibérico: Tecnología y cultura en la península ibérica, siglos XVIII-XX*, Nívola, Madrid, 2005 (en prensa).

HARTENBERG, R. S. y DENAVIT, J.: *Kinematic Synthesis of Linkages,* McGraw-Hill, Nueva York, 1964.

KEMPE, A. B.: *How to draw a straight line. A lecture on linkages,* Macmillan, Londres, 1877.

KOETSIER, T.: «A contribution to the history of Kinematics», *Mechanism and Machine Theory,* vol. 18, 1983, pp. 37-42 (Part I) y 43-48 (Part II).

LABOULAYE, Ch.: *Traité de Cinématique ou Théorie de Mécanismes*, Lacroix, París, 1861, pp. 614-623.

LANZ, J. M. y BETANCOURT, A.: *Ensayo sobre la Composición de las Máquinas,* Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid, 1990.

LEONARDO DA VINCI: *Codex Atlanticus, 1478-1518*, Giunti, Florencia, 1973-1980.

LEUPOLD, J.: *Theatrum Machinarum Generale*, Leipzig, 1724.

LÓPEZ-CAJÚN, C. S.; CUADRADO, J. I. y CECCARELLI, M.: «Early modern activity on TMM by Lanz and Betancourt before 1830», *11th World Congress in Mechanism and Machine Science,* Tianjín, 2004.

MARTINI, F. D. G.: *Trattato di architettura e machine, 1480,* Giunti, Florencia, 1979.

MUIRHEAD, J. P.: *The origin and progress of the mechanical and inventions of James Watt,* 3 vols., Murray, Londres, 1854.

NIETO, J.: *Síntesis de mecanismos*, AC, Madrid, 1978.

NOLLE, H.: «Linkage coupler curve synthesis. A historical review – I. Developments up to 1875», *Mechanism and Machine Theory,* vol. 9, 1974, pp. 147-168.

PRONY, R.: *Nouvelle architecture hydraulique,* Firmin Didot, París, 1796.

RAMELLI, A.: *Le diverse et artificiose machine*, París, 1588.

REULEAUX, F.: *Theoretische Kinematik. Grundzüge einer Theorie des Maschinenwesens,* Druck und Verlag von Friedrich vieweg und Sohn, Brunswick, 1875. Traducción española: *Tratado General de Mecánica,* Nacente, Barcelona, 1895.

RUBIO, F. J. y CUADRADO, J. I.: «Development of 'Course of Machines' at the École Polytechnique from its origin to the middle of the XIXth century», en *International Symposium on History of Machines and Mechanisms, HTMM 2000*, Cassino, 2000.

RUMEU DE ARMAS, A.: *El Real Gabinete de Máquinas del Buen Retiro. Una empresa técnica de Agustín de Betancourt,* Castalia, Madrid, 1990.

STRADA, J.: *Kunstliche Abrisz allerhand Wasser- Wind- Rosz- und Handt Muhlen*, Frankfurt, 1617.

STRANDH, S.: *Máquinas. Una historia ilustrada,* Raíces, Madrid, 1988.

VÉRIN, H.: «Los Teatros de Máquinas de 1570 a 1630», en *Actas del Seminario Orotava. Los orígenes de la ciencia moderna*, Canarias, 1999, pp. 309-328.

VV. AA.: *Betancourt. Los inicios de la ingeniería moderna en Europa*, CEHOPU, Madrid, 1996.

4

Técnica, ciencia e industria en tiempo de revoluciones. La química y la mecánica en Barcelona en el cambio del siglo XVIII al XIX

Antoni Roca Rosell
Centre de Recerca per a la Història de la Tècnica, ETSEIB, UPC

En el cambio del siglo XVIII al XIX, bajo el impulso de la Ilustración, se estableció en Barcelona un conjunto de enseñanzas científicas y técnicas dirigidas a potenciar las actividades agrícola, comercial e industrial. A pesar de que no había una idea definida de crear ninguna titulación, unas décadas más tarde acabaron configurando la ingeniería industrial en la ciudad[1]. Centramos nuestro estudio en dos casos, la química y la mecánica, que tienen una especial significación para la ingeniería. Ambos nos revelan, además, el contexto dinámico y de cierta complejidad en que surgió este sistema de enseñanzas.

I

Cataluña, modernización económica y enseñanza técnica y científica

Como es sabido, la Revolución industrial en Inglaterra ha merecido tanta atención que se ha convertido muchas veces en un modelo único de Revolución industrial. Sin embargo, en las últimas décadas vuelve a plantearse como un fenómeno europeo, en el cual Inglaterra tuvo un lugar muy singular y de gran influencia. De esta manera, se restablece una cierta normalidad historiográfica, ya que, siendo Inglaterra el modelo, se llegaba a la conclusión de que, por ejemplo, Francia la había realizado

---

[1] Guillermo LUSA MONFORTE y Antoni ROCA ROSELL: «La ETSEIB (1851-2001), una trayectoria fructífera», en F. PUERTA SALES (ed.): *L'Escola d'Enginyers 1851-2000,* Associació/Col·legi d'Enginyers Industrials de Catalunya, Barcelona, 2002, pp. 15-72.

con retraso, dejando de lado el análisis del modelo francés de industrialización. Lo mismo ocurre con España: se ha consolidado la idea de que en España fracasó la Revolución industrial.

Como sugiere Ringrose, el "fracaso" español se fundamenta en gran parte en el hecho de haber tomado un modelo de referencia inadecuado[2]. Además, basar el análisis en nociones como "fracaso", "quiebra" o "retraso", como han hecho destacados estudiosos, puede haber sido estimulante en un determinado momento, pero puede conducir también a desestimar el análisis del modelo español de industrialización.

Ringrose explica que no existió una economía unitaria en España hasta bien entrado el siglo XIX, quizás principios del XX. El Estado había tenido una estructura política no unitarista hasta el siglo XVIII y, además, la orografía no facilitaba los intercambios. Con los Borbones hubo un nuevo planteamiento de la red de comunicaciones, pero no resultó muy eficiente. Hasta la creación de la red de ferrocarriles, que hacia 1870 tenía una estructura bastante completa, no existió el primer sistema efectivo de creación de un mercado español, a pesar de las dificultades que surgieron en ese período.

Como han destacado varios autores[3], la industrialización se produjo tempranamente en varias regiones de España, principalmente Cataluña y Andalucía. En esta última región, sin embargo, los intentos iniciales no cuajaron. Desde el primer cuarto del siglo XVIII, se desarrolló en Cataluña un proceso de industrialización en las condiciones que resumimos a continuación. Primero, ya desde fines del siglo XVII, la acumulación de capitales se hizo a partir del comercio y del desarrollo de una agricultura centrada en los vinos, los alcoholes y el aceite. Segundo, el crecimiento económico continuó tras la guerra de Sucesión (1705-1714), concluida la cual Cataluña, como los otros territorios de la Corona de Aragón, perdió su estructura política y financiera. Tercero, no hubo ruptura entre el sistema artesanal y el industrial; los gremios desaparecieron para renacer como asociaciones de fabricantes. Cuarto, el nuevo sistema económico no se concentró en un solo lugar, sino que alcanzó buena parte del territorio catalán, en localidades de la costa y siguiendo los ejes de los ríos Llobregat y Ter, hasta alcanzar el Pirineo. Esta extensión partía de la fuerza de los municipios desde la Edad Media. Por consiguiente, Barcelona se convirtió en una capital económica de una red de ciudades con gran dinamismo, como Sabadell, Terrassa, Granollers, Mataró, Figueres, Olot, Camprodon, Berga, Vic, Manresa, Igualada, Vilafranca del Penedès, Tarragona y Reus[4].

---

[2] David R. RINGROSE: *España, 1700-1900, el mito del fracaso*, Alianza Editorial, Madrid, 1996.

[3] Ver Jordi NADAL y Albert CARRERAS (dirs.): *Pautas regionales de la industrialización española, siglos XIX y XX*, Ariel, Barcelona, 1990. También D. R. RINGROSE, *op. cit.*; J. K. J. THOMSON: «Comparació a nivell internacional de la indústria catalana d'indianes», en *La indústria d'Indianes a la Barcelona del segle XVIII*, L'Avenç, Barcelona, 1990, pp. 61-131.

[4] El estudio clásico sobre la industrialización catalana es Pierre VILAR: *Catalunya dins l'Espanya Moderna,* Ed. 62, Barcelona, 1964-1968 (versión francesa original, 1962).

Otra característica del proceso industrializador catalán que aquí nos interesa destacar es su vinculación con el saber técnico. En efecto, desde el principio se puede documentar que los fabricantes y los propietarios[5] eran conscientes de que la organización del trabajo requería conocimientos de cierta especialización. Esto se ve en el interés por la transferencia de tecnología, que se realizaba muchas veces a través de técnicos alemanes, franceses o italianos que trabajaron en fábricas de Cataluña. En una escritura de 1739, editada recientemente por Thomson, que trata de la ampliación de la compañía textil de Bernat Glòria, se contrata a un estampador de indianas de Hamburgo, Juan Federico Hartung, para dirigir la fabricación[6]. Una de las condiciones de su contrato es que deberá enseñar a uno o dos trabajadores de la fábrica «todos los secretos y habilidades dependientes del oficio de estampar y blanquear indianas, composición de los colores y demás dependientes»[7]. En tres años, alguno de los alumnos deberá ser capaz de dirigir la fábrica. En la escritura se menciona a uno de ellos, Geroni Glòria, hermano de uno de los accionistas principales, de quien se dice que «tendrá la obligación de ir escribiendo en un libro, que para dicho efecto le entregará la compañía, todo el modo de manipular la fábrica, los secretos de la composición de los colores, la calidad y cantidad de los materiales y demás que le manifieste y ha de enseñarle el mencionado estampador». Se añade que en Geroni se darán «las dos calidades de la práctica y especulación que se requieren a fin de que acabados los tres años sea un perfecto maestro estampador».

Queda bien claro, pues, que los fabricantes consideraban que tanto la práctica como el conocimiento teórico (especulación) eran imprescindibles para formar a un técnico capaz.

I.1. El interés por una enseñanza pública. La cuestión de la Universidad de Barcelona

El contrato privado de los Glòria podría haber sido una excepción, relacionada con unos artesanos o comerciantes especialmente conscientes. Sin embargo, tenemos evidencias de que el interés por la formación alcanzaba a diferentes sectores e instituciones. Los gremios de origen medieval, a pesar de la rigidez de sus estructuras, asumieron, como hemos dicho, un papel destacado en la industrialización[8]. Esto supuso un cierto conflicto con las autoridades castellanas ilustradas, como Campomanes, que llevaron a cabo una cruzada contra los gremios, considerados como freno

---

[5] En Cataluña, en una primera etapa, se llamaba "fabricante" al técnico, y no siempre coincidía con el propietario.

[6] J. K. J. THOMSON, *op. cit.*, 1990, pp. 54-59.

[7] Traducido del original en catalán.

[8] Pedro MOLAS RIBALTA: *Los gremios barceloneses del siglo XVIII,* Confederación de Cajas de Ahorros, Madrid, 1970.

de la transformación económica industrial[9]. Desde Cataluña respondieron a la campaña numerosas voces, por ejemplo la del reformador social Francesc Romà i Rossell, abogado de los pobres de la Real Audiencia de Barcelona, que reivindicó el papel de los artesanos y la necesidad de que tuviesen una formación en una «academia de física»[10]; Antoni de Capmany escribió una historia de los gremios catalanes patrocinada por la Junta de Comercio para demostrar que los gremios habían apoyado la industria moderna desde sus orígenes en la Edad Media[11].

Una de las medidas de Felipe V tras establecer la Nueva Planta fue suprimir las universidades catalanas, es decir, los Estudios Generales de Lleida (el más antiguo), Barcelona, Girona, Tarragona, Vic y Solsona. Sus rentas fueron usadas para la creación de una nueva y única universidad en Cervera, una ciudad en el interior, cerca de Lleida, que había sido fiel al Borbón en la guerra de Sucesión[12].

La interpretación de esta acción ha despertado una cierta polémica historiográfica. Unos autores han visto en esta medida un acto más de represión, dentro del conjunto de acciones bastante duras que tuvieron lugar tras la guerra de Sucesión[13]. Otros consideran la decisión del rey como una iniciativa vinculada al intento de modernización de las universidades españolas, entonces en un momento de esclerosis importante, dentro de una crisis institucional, general en Europa[14]. La polémica, en definitiva, ha puesto de manifiesto dos de los elementos que intervinieron, que no son incompatibles.

Lo cierto es que, por lo menos en la ciudad de Barcelona, la inexistencia de universidad fue vista desde muy pronto como un obstáculo al desarrollo económico y social. Las "representaciones" del Ayuntamiento en las que se demandaba su resta-

---

9 Gonzalo ANES: *Economía e "Ilustración" en la España del siglo XVIII,* Ariel, Esplugues de Llobregat, 1969.

10 Francesc ROMÀ ROSSELL: *Las señales de la felicidad de España y medios de hacerlas eficaces,* estudio preliminar de Ernest Lluch, Alta Fulla, Barcelona, 1989.

11 Una visión de los orígenes del pensamiento económico catalán, en el ya clásico Ernest LLUCH: *El pensament econòmic a Catalunya, 1760-1840, els orígens ideològics del proteccionisme i la presa de consciència de la burgesia catalana,* Edicions 62, Barcelona, 1973. También, Antoni CAPMANY: *Memorias históricas sobre la marina, comercio y artes de la antigua ciudad de Barcelona*, Imprenta de D. Antonio de Sancha, Madrid, 1779-1792, 4 vols. (ed. facsímil, Cámara Oficial de Comercio y Navegación de Barcelona, Barcelona, 1961-1963, presentación de Emili Giralt).

12 Ferran SOLDEVILA: *Barcelona sense universitat i la restauració de la Universitat de Barcelona (1714-1837)*, Universitat de Barcelona, Barcelona, 1937; Joaquim PRATS: *La Universitat de Cervera i el reformisme borbònic,* Pagès, Lleida, 1993.

13 Ferran Soldevila documentó magistralmente esta tesis en el centenario del restablecimiento de la Universidad de Barcelona. Ver F. SOLDEVILA, *op. cit*., 1937.

14 Joaquim Prats ha desarrollado recientemente un estudio muy riguroso sobre el establecimiento y crisis de la Universidad de Cervera con nuevas perspectivas. J. PRATS, *op. cit.*, 1993.

blecimiento fueron hechas en 1749, 1767, 1776 y 1777[15]. Los ilustrados españoles en el gobierno promovían la industrialización de España combatiendo a los gremios, corporaciones que en el Ayuntamiento de Barcelona continuaban ejerciendo una influencia importante. Curiosamente, la reclamación de una universidad se ligaba a la defensa del papel de las cofradías profesionales. En la representación de 1776 se decía[16]:

> «Parece no será violenta digresión la que en consecuencia se dirija a tratar formalmente de un restablecimiento de estudios generales o de la planificación de una Universidad Literaria tan necesaria en esta ciudad, como utilísima al resto de la Provincia con otras ventajas a favor de la Industria Popular, que no las que consigue ni permite su actual mansión en la de Cervera».

Como se ve, el Ayuntamiento de Barcelona consideraba que la universidad daría muchas ventajas a la "industria popular", es decir, a la artesanía y a la manufactura. La de Cervera, para ellos, no tenía posibilidades de cumplir este objetivo.

La idea de que la universidad tenía una misión directa en la producción era realmente singular. A nivel europeo, su tradición estaba bastante alejada de las ciencias positivas en general y, particularmente, de las artes mecánicas[17]. En Francia, por ejemplo, una universidad distante de las aplicaciones estaba dando lugar a un sistema de enseñanza paralelo, el de las "grandes escuelas", que se centraba en la ingeniería. Pocas universidades europeas tenían una vocación científica moderna clara, generalmente en los estudios de medicina. Los ejemplos son relativamente escasos, Edimburgo, en Escocia; Pavía, en Italia; Leiden, en los Países Bajos; Montpellier, en Francia; Valencia, en España; y no muchas más. Excepto en el caso de la medicina, la inclinación científica no tenía rasgos de aplicación o tecnológicos, pero el proceso de acercamiento estaba empezando. Las universidades clásicas, Oxford, Cambridge, la Sorbona o Salamanca, vivían de espaldas a la nueva ciencia y, por supuesto, a la nueva industria. Es más, se habían mantenido al margen de la Revolución científica, ya que la ciencia experimental no era bien asumida.

I.2. El Colegio de Cordelles

Veamos ahora otra manifestación del interés por las ciencias en Barcelona. El Colegio de Nobles de Cordelles, un centro privado gestionado por la Compañía de Jesús, creó una cátedra pública de Matemáticas en 1756 a cargo de Tomàs Cerdà, que

---

15 Montserrat VENTURA-MUNNÉ: «El Col·legi de Cordelles sense els jesuïtes, un projecte fracassat», en Carlos MARTÍNEZ-SHAW (ed.): *Historia Moderna, historia en construcción,* Milenio, Lleida, vol. I, 1999, p. 539, nota 27.

16 Citado por E. LLUCH, *op. cit.,* 1973, p. 199.

17 Un análisis de la crisis de las universidades en Europa, en Notker HAMMERSTEIN: «Epilogue. The Enlightenment», en *Universities in Early Modern Europe (1500-1800),* ed. Hilde De Ridder-Symoens, Cambridge, 1996, vol. II, pp. 621-640.

había sido profesor de filosofía en Cervera y había hecho una estancia de estudio en el Observatorio de Marsella[18]. Las matemáticas eran consideradas ciencias que se aplicaban a la industria, a la agricultura, a la navegación y, por descontado, a la guerra[19]. En nombre del rey, el Ayuntamiento de Barcelona subvencionó la cátedra con la condición de que pudiesen asistir alumnos de fuera del colegio, es decir, que no fueran nobles. Todo indica que la obra más renovadora de Cerdà tuvo lugar en la etapa en la que dirigió esta cátedra. Elaboró nuevos materiales docentes y publicó algunos de ellos. La influencia de Cerdà en la sociedad de su tiempo se puede ver en el hecho de que entre los 16 fundadores de la Conferencia Físico Matemática Experimental, en 1764, había varios que se declararon discípulos suyos en Cordelles y, de algún modo, continuadores de su obra, a pesar de que Cerdà no participase personalmente en la creación de la nueva entidad[20].

Después de la expulsión de los jesuitas en 1767, Francesc Subiràs, profesor de matemáticas de la Academia de Bellas Artes de San Fernando de Madrid, fue nombrado por el gobierno para hacerse cargo del Colegio de Cordelles. Subiràs había sido el primer director de la Conferencia Físico Matemática Experimental y discípulo de Cerdà. En 1770 presentó una propuesta muy ambiciosa que planteaba un centro de formación abierto a la sociedad, en el que las ciencias y las tecnologías tenían un lugar muy destacado, y justificó la orientación científica de las enseñanzas por las exigencias de la economía industrial. La argumentación de Subiràs es muy interesante[21]:

> «Como los preceptos de nuestra santa Religión son invariables, y las reglas de la buena crianza siempre las mismas, la educación en lo Cristiano y político debe ser uniforme en todos los Dominios y a todos los vasallos de nuestro Católico Monarca. Pero, en lo perteneciente a la utilidad común y particular, debe proporcionarse a las circunstancias del País donde se da y a la condición de los sujetos que la reciben; por consiguiente, esta parte de educación en Cataluña debe contraerse a la naturaleza y calidad de sus naturales. La situación del Principado y su corta extensión obligan a los Catala-

18 Ver Lluís GASSIOT I MATAS: «Tomàs Cerdà i els inicis de l'Acadèmia de Ciències de Barcelona», en A. NIETO GALÁN y A. ROCA ROSELL (coords.): *La Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona als segles XVIII i XIX. Història, ciència i societat,* Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona/ Institut d'Estudis Catalans, Barcelona, 2000, pp. 125-133.

19 Carles PUIG-PLA: «Sobre el significat del concepte *matemàtiques*, matemàtiques pures i mixtes en els segles XVIII i XIX», en J. BATLLÓ *et alii.: VI Trobada d'Història de la Ciència i de la Tècnica,* Societat Catalana d'Història de la Ciencia i de la Tècnica, Barcelona, 2002, pp. 151-169.

20 Manuel GARCÍA DONCEL: «Els quatre enfocaments de l'Acadèmia», en A. NIETO-GALÁN y A. ROCA ROSELL (coords.), *op. cit.,* 2000, pp. 111-133.

21 Francesc SUBIRÀS (1772): «Plan general de la educación que se puede dar en el Imperial y Real Seminario de Nobles de Cordelles de la Ciudad de Barcelona», ms., Audiència, Reg. 567, fols. 1v.-2r. (versión original, en el legajo 72, 11 de marzo de 1772), Barcelona, Archivo de la Corona de Aragón. Existe una trascripción parcial, que se centra en los aspectos científicos y técnicos, en M. GARCÍA DONCEL, *op. cit.,* 2000.

> nes, a que unos se ocupen al cultivo de las tierras, otros a la fábrica de Manufacturas, otros al tráfico de géneros y frutos; una grande parte a las ciencias, y mucho mayor a las Armas, sirviendo a Su Majestad en los ejércitos de mar y tierra. Por tanto, a las ciencias, a las Artes, a la Agricultura, al Comercio y aun a la Milicia debe dirigirse la educación de la nación Catalana».

Sorprende ver que Subiràs considera que «una gran parte» de los catalanes se dedican a las ciencias, aunque una parte aún mayor a las armas. Acepta que el sistema de enseñanza debería ser "uniforme" en todo el reino, pero considera que en Cataluña hay que hacer una excepción porque se dan unas "circunstancias" particulares; es una zona sin recursos naturales, cosa que justifica por ser un territorio pequeño.

Su referencia a las ciencias se puede interpretar pensando que, a falta de recursos naturales, la técnica, la agricultura, la manufactura y el comercio se desarrollan gracias al conocimiento. Por lo que se refiere a las "armas", quizás también se está refiriendo a una institución militar de alto nivel científico, como la Academia Militar de Matemáticas de Barcelona. A pesar de disponer de monografías de relieve[22], todavía no conocemos suficientemente bien el alcance y la influencia en Cataluña de este centro de formación de ingenieros militares que empezó a funcionar en 1720. Todo indica que a sus clases asistieron alumnos que no pretendían seguir la carrera castrense y, además, otros que no pertenecían a la nobleza, a pesar de que ésos eran requisitos establecidos[23]. Ernest Lluch insistió en la hipótesis de que esta institución militar tuvo mucho más impacto en la vida civil de lo que se ha considerado.

En 1765 Subiràs había entrado como profesor de matemáticas en el Colegio Imperial en Madrid, desde donde influyó, junto con el médico Jaume Bonells, otro miembro de la Conferencia en Madrid, para obtener algunas prerrogativas reales para la entidad barcelonesa, a la cual continuaba perteneciendo. En 1770, la Conferencia se había convertido en Real Academia de Ciencias Naturales y Artes de Barcelona.

El informe de Subiràs sobre el Colegio de Cordelles describe su concepto de la educación de las nuevas generaciones.

> «Para educar bien a la Juventud, deben dársele todos los principios que conducen a la perfecta educación que se intenta. Así, la de Cordelles debe comprender las primeras letras como base a todos los conocimientos científicos, la Gramática, Retórica y poesía latinas; la Lógica y Metafísica y Ética, como a disposiciones necesarias para la Teología, Cánones, Leyes y demás ciencias especulativas. La Gramática Griega, como útil a todas. Las Matemáticas, la Arquitectura, la Física, la Astronomía, Geografía y Navegación, la Historia Natural, la Agricultura, la Química, como fundamentos de las Artes y comercio, y como a estudios de todo hombre Civil y Político. Las Lenguas Francesa e Inglesa, y el Dibujo como a preliminares de las ciencias Naturales y del Comercio. La inteligen-

---

22 H. CAPEL, 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.

23 E. LLUCH: *Las Españas vencidas del siglo XVIII. Claroscuros de la Ilustración,* Crítica, Barcelona, 1999, especialmente pp. 116 y siguientes.

> cia de las Manufacturas, como a conocimiento preciso para una completa educación. Últimamente, el idioma Castellano, como la Lengua principal del Reino, que por la misma razón se hablará comúnmente en el Colegio y clases, excluyendo todo dialecto provincial».

Para Subiràs, la ciencia representa, pues, un saber riguroso en el que se fundamenta la actividad social y económica y, por lo tanto, ha de ser el eje principal de la educación de los jóvenes. Si se pretende disponer de buenos agricultores, de buenos técnicos, de buenos comerciantes y de buenos militares, hay que proporcionarles una educación en las ciencias de la naturaleza (tal como las entendemos nosotros), en las lenguas y en el conocimiento de las manufacturas, es decir, de la técnica y de la industria. Sin embargo, también eran necesarias para «todo hombre Civil y Político». Hay que notar que se menciona explícitamente la exclusión del catalán («dialecto provincial») de la actividad docente, lo cual nos informa de que, a pesar de la prohibición oficial desde el decreto de la Nueva Planta (1716), seguía teniendo una presencia social relevante.

El plan de Subiràs no prosperó y el Colegio de Cordelles fue cerrado. Ahora bien, ¿es que ese plan era una excentricidad de un académico con ganas de obtener ventajas para los suyos y, por lo tanto, un hecho aislado sin ninguna otra significación? De ningún modo; en la misma época, otras iniciativas similares acabaron tomando cuerpo.

I.3. Las enseñanzas promovidas por la Junta Particular de Comercio

En los últimos años del siglo XVIII y primeros del XIX se estableció en Barcelona un medio institucional de difusión de conocimientos científicos y profesionales, gracias a la iniciativa de la Junta Particular de Comercio de Cataluña. ¿Qué era esta Junta? Se trataba de una institución resultado de una larga negociación entre los sectores con poder económico en Cataluña y el Estado. El objetivo de los promotores, borbónicos moderados, era restablecer una institución parecida a lo que había sido el antiguo Consulado del Mar, es decir, una asociación de empresarios que representara los intereses del conjunto[24]. La negociación fue muy complicada. La Junta de Comercio fue aprobada en 1758, pero tuvo que esperar hasta 1763 para funcionar de manera efectiva. Era la representación en Cataluña de la Junta General de Comercio, que equivalía a un ministerio de economía. En este sentido, se trataba de un organismo dependiente del Estado, pero no estaba integrado en su estructura administrativa, es decir, no tenía funcionarios estatales. Sin embargo, las juntas disponían de una vía de financiación, que, en el caso de Cataluña, era el derecho de periaje, un impuesto de origen bajomedieval sobre las mercancías que entraban en el puerto de

[24] La obra clásica sobre la Junta es Ángel RUIZ Y PABLO: *Historia de la Real Junta Particular de Comercio de Barcelona (1758 a 1847)*, Cámara de Industria y Navegación, Barcelona, 1919 (ed. facsímil, Alta Fulla, Barcelona, 1994). Ver, también, Pere MOLAS RIBALTA: *Comerç i estructura social a Catalunya i València als segles XVII i XVIII*, Curial, Barcelona, 1977.

Barcelona. Por lo tanto, su presupuesto anual estaba directamente relacionado con las fluctuaciones de la actividad económica, en función del transporte de mercancía y pasajeros por mar.

La Junta de Comercio de Cataluña resultó ser una de las más activas de las que se constituyeron en España, junto, probablemente, con las de Málaga y Valencia. *Comercio* designa hoy a la actividad de intercambio de bienes y servicios, pero no se debe olvidar que en el pasado quería decir 'economía' en general; la Junta estaba compuesta, pues, no sólo por comerciantes, sino también por industriales y propietarios agrícolas. De hecho, uno de los dos negociadores que consiguieron que se promulgara la mencionada real cédula de 1758 fue Bernat Glòria, antes aludido. Finalmente, hay que destacar que los gremios también estaban presentes. Varios autores, entre ellos Ernest Lluch, nos lo han recordado para evitar simplificaciones tales como que la Junta de Comercio de Cataluña era un organismo de la burguesía comercial. No lo era o, por lo menos, no podemos restringirla a ello, dada la complejidad social y económica catalana en aquella época.

Para obtener un informe favorable, muchos técnicos y fabricantes se dirigieron a la Junta presentando sus innovaciones o las nuevas técnicas que querían dar a conocer. De esta manera, y gracias a los documentos conservados, puede datarse la introducción de nuevas tecnologías en la industria y la agricultura catalanas. Citemos, por ejemplo, la oferta de máquinas Arkwright por parte de los ingleses John Waddle y Joseph Caldwell, de noviembre de 1789[25]. Habían estado en Francia y después en Madrid, donde el conde de Floridablanca les acabó mandando a Barcelona. Los dos ingleses se dirigieron a la Junta, a la que ofrecieron la maquinaria más moderna de una fábrica de cardar e hilar algodón. La Junta formó una comisión para valorar las ventajas de las máquinas. Se produjeron demostraciones, estudios y cálculos, pero finalmente no se llegó a un acuerdo por las condiciones de monopolio que querían imponer los ingleses. Éste fue el primer intento de introducción de esta tecnología, que no tardaría demasiado en establecerse, pero por un camino más tortuoso[26]. La cuestión es que esas máquinas necesitaban una fuente de energía superior a las habituales en la industria catalana del momento, a saber, la humana o la animal.

En un orden semejante de actuaciones, también hay que destacar que la Junta concedió pensiones a artesanos y obreros para especializarse en distintas técnicas en Europa, en viajes de aprendizaje y de espionaje industrial. Jordi Monés hizo una lista

---

25 Ver J. K. J. THOMSON: «The Arrival of the First Arkwright Machina in Catalonia», *Pedralbes,* 18, 1998, pp. 63-71; también, J. K. J. THOMSON: «Transferencia tecnológica en la industria algodonera catalana, de las indianas a la selfactina», *Revista de Historia Industrial*, 24, 2003, pp. 13-49.

26 Álex SÁNCHEZ: «Les berguedanes i les primeres màquines de filar», en J. MALUQUER DE MOTES I BERNET (dir.): *Tècnics i Tecnologia en el desenvolupament de la Catalunya Contemporània*, Enciclopèdia Catalana, Barcelona, 2000, pp. 161-175.

de los becados por la Junta, en la que hemos contado unos 40 entre 1765 y 1816[27]. La tipología es compleja. El primer pensionado, Pere Pasqual Moles, grabador, estuvo ocho años en París para perfeccionarse en las bellas artes, pintura, escultura y grabado; cuando regresó, fue el primer director de la escuela que se dedicaría a enseñarlas. En 1776, la Junta pensionó a tres obreros, dos "pelaires" y un relojero, para viajar durante cuatro años por Francia, Holanda, Inglaterra y otros países, y formarse técnicamente. También encontramos becas para acudir a la Corte, a formarse en el Gabinete de Máquinas o en la Academia de San Fernando. Mencionemos, además, las figuras de Mateu Orfila, pensionado a París en 1807 (donde desarrollaría su carrera como médico químico, pionero de la toxicología)[28], o a Carles Ardit, pensionado a Francia y Suiza en 1814, donde recogió información sobre tinturas y estampados, tras lo cual redactó uno de los primeros manuales en este campo en nuestro país[29].

Una de las actuaciones más destacadas de la Junta fue la creación de escuelas y cátedras científicas, artísticas y profesionales. En cierto sentido, se materializaba un plan semejante al de Subiràs de los años 1770.

Campomanes y, en general, los ilustrados en el gobierno, lanzaron una campaña muy intensa por el establecimiento de enseñanzas científicas con una perspectiva utilitaria y en función de la modernización del comercio, la industria y la agricultura. El surgimiento de enseñanzas técnicas en casi todos los rincones de España fue muy importante porque a la iniciativa gubernamental se le sumaba la conciencia local[30]. Esto es lo que ocurrió en Barcelona. La Junta de Comercio emprendió la creación de enseñanzas técnicas gratuitas desde 1769, oyendo peticiones en algunos casos; fruto de recomendaciones del gobierno, en otros; como resultado de sus propias decisiones, finalmente. Entre sus principales creaciones:

1769, Escuela de Náutica
1775, Escuela de Nobles Artes
1802, Cátedra de Taquigrafía
1805, Cátedra de Química aplicada a las artes
1807, Cátedras de Agricultura y de Mecánica

---

27 Jordi MONÉS PUJOL-BUSQUETS: *L'obra educativa de la Junta de Comerç, 1769/1851*, Cambra de Comerç, Indústria i Navegació, Barcelona, 1987.

28 Sobre Orfila, ver, entre otros, Josep SUREDA BLANES: *Orfila i la seva època*, Eds. 62, Barcelona, 1969; José Ramón BERTOMEU y Agustí NIETO GALÁN (eds.): *Chemistry, Medicine, and Crime, Orfila and his times*, Science History Publications (en prensa).

29 Jordi MALUQUER DE MOTES I BERNET: «Carles Ardit i l'espionatge industrial a l'inici del segle XIX», en *Tècnics i Tecnologia en el desenvolupament de la Catalunya Contemporània*, Enciclopèdia Catalana, Barcelona, 2000, pp. 180-183.

30 Agustín ESCOLANO BENITO: *Educación y economía en la España ilustrada,* Ministerio de Educación y Ciencia, Madrid, 1988.

4.1. Edificio de la Lonja de Mar, *sede de la Junta de Comercio de Cataluña. Se trata del edificio que albergó el antiguo Consulado de Mar y la Lonja de Barcelona.*

4.2. Representación idealizada de las escuelas de la Junta de Comercio *(Emilio Casals, 1827). Pintado con ocasión de una visita de Fernando VII a Barcelona, a la izquierda se recogen las distintas especialidades de la Escuela de Nobles Artes (dibujo, pintura y escultura). En el centro y en primer plano, aparecen diversos aparatos correspondientes a la Escuela de Química, con Josep Roura, el sucesor de Carbonell, mostrando el funcionamiento de un gasógeno. A la derecha se observan elementos de la Escuela de Náutica, entre los cuales se distingue a su anterior director, el clérigo Agustín Canelles, y referencias a la vocación africanista del centro. Al fondo se puede contemplar un profesor explicando, con ayuda de una pizarra, probablemente una referencia a la clase de física o de matemáticas. No parece haber una referencia explícita a la Escuela de Mecánica, entonces en crisis después de la muerte de Santponç.*

No todas funcionaron sin interrupción después de su creación[31], pero parece claro que, hacia 1815, la oferta de enseñanzas relacionadas con la vida económica era muy completa, llegándose a alcanzar muchos años las 2.000 inscripciones en las distintas escuelas y cátedras.

Las enseñanzas de la Junta no estaban regladas, y, por lo tanto, con la excepción de la Escuela de Náutica, no concedían títulos académicos; sólo ofrecían conocimientos y habilidades técnicas y científicas. Este carácter no reglado hacía que la asistencia de los alumnos fuese variable y que su composición fuese muy amplia, tanto en edad como en situación social y laboral. A las clases asistían juntos jóvenes de menos de 14 años y adultos de más de 40, y podían ser aprendices, artesanos, médicos, hacendados, burgueses o aristócratas.

El estudio pormenorizado de las enseñanzas está todavía por hacer, pero algunas han merecido ya atención de los estudiosos. Nos vamos a centrar en dos de las escuelas, la de Química y la de Mecánica, para analizar cómo se veía la enseñanza científica y técnica y cómo se preparó en Cataluña lo que sería unas décadas después una nueva profesión, la ingeniería industrial.

II

Barcelona, 1805: se inaugura la cátedra de química

El 16 de mayo de 1805, tras casi una década de negociaciones, se inauguró la cátedra de química de la Junta de Comercio. El profesor era Francesc Carbonell[32], un médico cuyo prestigio como químico era reconocido en España, y que había estudiado en Madrid, entre otros, con los químicos François Chabaneau y Pedro Gutiérrez Bueno, en la Escuela de Mineralogía de Indias y en el Real Laboratorio Químico, respectivamente[33]. En la creación de la cátedra convergían tanto los intereses de la Junta como los del gobierno.

---

31 Además, se han de reseñar, 1814, Cátedras de Física experimental y de Economía política; 1815, Escuela de Cálculo teórico-práctico aplicado al Comercio, Escritura doble y Geografía; 1819, Cátedras de Matemáticas y de Aritmética y Geometría; 1824, Cátedra de idiomas modernos; 1838, Escuela de Sordomudos; 1845, Cátedra de Derecho mercantil.

32 Ver A. NIETO-GALÁN: *Ciència a Catalunya a l'inici del segle XIX, teoria i aplicacions tècniques a l'Escola de Química de Barcelona sota la direcció de Francesc Carbonell i Bravo (1805-1822)* [microforma], Universitat de Barcelona, Barcelona, 1999. Una serie de revisiones recientes de la biografía de Carbonell, en Xavier SORNI, Jacint CORBELLA y Ramon PARÉS: *Discursos en commemoració dels 200 anys de la publicació de l'obra de Francesc Carbonell i Bravo "Elementos de Farmacia fundados en los principios de la química moderna",* Consell Interacadèmic de Catalunya, Barcelona, 2002.

33 Sobre la química en la España de la época, ver Inés PELLÓN y Ramón GAGO: *Historia de las cátedras de química y mineralogía de Bergara a finales del siglo XVIII*, Ayuntamiento de Bergara, Bergara, 1994; R. GAGO: «The New Chemistry in Spain», *Osiris,* vol. 4 (segunda serie), 1988a,

La química científica, según las contribuciones que estaban haciendo Lavoisier, Priestley o Scheele, fue una de las prioridades de la política científica ilustrada. La Sociedad Vascongada de Amigos del País, la institución pionera de su clase en España, creó en 1779 un Laboratorio Químico con la intención no sólo de ofrecer formación química y metalúrgica, sino también de impulsar la investigación en determinadas áreas, principalmente las relacionadas con la transformación de los metales. Ramón Gago puso de manifiesto que el laboratorio de Vergara era una iniciativa de la Marina real, interesada en optimizar la fabricación de cañones, para no depender de la importación, principalmente del Reino Unido, un enemigo potencial[34]. El laboratorio fue diseñado por un joven químico francés, Louis-Joseph Proust, que igualmente preparó el curso que debía impartirse en él, aunque interrumpió pronto su estancia en Vergara. Proust fue contratado en 1785 para formar un laboratorio químico en el Colegio de Artillería de Segovia y posteriormente, por el gobierno, para dirigir otro laboratorio en Madrid. En su larga estancia en España, Proust realizó los trabajos que le llevaron a formular la ley de las proporciones definidas, una aportación por la cual figura en todos los libros de historia de la química. Es preciso mencionar igualmente en Vergara a los hermanos Fausto y Juan José Elhuyar, cuyos trabajos condujeron al descubrimiento de un nuevo elemento químico, el wolframio o tungsteno[35]. Fausto Elhuyar sería uno de los responsables de la creación del Colegio de Minería de México, la primera escuela de ingeniería española y la primera, igualmente, de América.

Volviendo a Carbonell, él tenía un objetivo profesional muy claro, aplicar los conocimientos de la nueva química "lavoisieriana" a la farmacia y a la medicina. Tras su estancia en Madrid, se trasladó a Huesca para cursar entre 1791 y 1795 los estudios de medicina. En esta época se realizaron las primeras propuestas para establecer una cátedra de química en Barcelona. En 1788, el conde de Floridablanca se había dirigido a la Junta de Comercio para que creara nuevas enseñanzas científicas. El expediente se reabrió en 1793, pero el estallido de la guerra con Francia truncó los trabajos. En octubre de 1797 la Junta de Comercio realizó una nueva propuesta, insinuando que la enseñanza de la química podía desarrollarse contratando a un docente de la escuela de Montpellier. El profesor Domingo García Fernández presentó un informe a petición de la Junta Central de Comercio en el que señalaba que era mejor formar a un químico local en París o Montpellier, de manera que la continuidad de las ense-

pp. 169-192; R. GAGO: «Cultivo y enseñanza de la química en la España de principios del siglo XIX», en José Manuel SÁNCHEZ RON (dir.): *Ciencia y sociedad en España,* Ediciones el Arquero/CSIC, Madrid, 1988b, pp. 129-142.

34 R. GAGO: «Bicentenario de la fundación de la Cátedra de Química de Vergara», *Llull*, 2, 1978, pp. 5-18.

35 R. GAGO e I. PELLON, *op. cit.,* 1994.

ñanzas estuviese asegurada[36]. García Fernández mencionaba a Carbonell como uno de los candidatos más adecuados para llevar la cátedra de Barcelona.

En 1797, la Academia Médico Práctica de Barcelona le encargó un curso de química aplicada a la medicina. En esta etapa barcelonesa profundizó en su formación médica, asistiendo a cursos del Real Colegio de Cirugía. Como reconocimiento a sus saberes en química, en 1798 fue nombrado miembro de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona. Sus colegas en esta institución –Josep Mollar o Antoni de Martí Franquès– se encontraban entre los pioneros de la nueva química en España.

En marzo de 1801 Carbonell leyó su doctorado en medicina en Montpellier con un trabajo sobre las aplicaciones de la química a esta disciplina, donde recibió la influencia de Jean Antoine Chaptal, profesor de química que orientaba su actuación hacia las aplicaciones no sólo a la medicina, sino también a la agricultura y a la industria. Algunos de los principales campos de estudio eran la vinicultura, la producción de alcoholes y las tinturas[37].

A su regreso, Carbonell pasó dos años más en Madrid, ahora estudiando química con Louis Proust y mineralogía con Christian Herrgen. En esta nueva estancia en Madrid debió de participar en la negociación para establecer una cátedra de química aplicada a las artes en Barcelona. Su nombramiento de catedrático data de octubre de 1803. Invirtió año y medio en la instalación del laboratorio en el que se desarrollaron las clases. Como hemos dicho, la inauguración se produjo en 1805 y se imprimió el discurso en el que Carbonell exponía su plan de trabajo y objetivos.

II.1. Plan de las enseñanzas de química aplicada

La apertura de la Escuela despertó una gran expectación. Asistieron las autoridades y un público ansioso de conocer las maravillas de la química. Tenemos la fortuna de disponer de una edición del texto[38]. En la contraportada de la publicación hallamos, de manera muy significativa, una cita de Chaptal:

> «Todas las artes tienen una relación más o menos marcada con la química, puede iluminarnos los principios, rectificar los abusos, simplificar los medios e impulsar sus progresos».

Carbonell empieza su discurso con una reflexión sobre la atención que merecen las ciencias en España y, en particular, la química. Hasta entonces, afirma, sólo en

---

36 Este informe de febrero de 1798 está reproducido en A. NIETO GALÁN, *op. cit.*, 1999, pp. 354-360. Ver también R. GAGO, *op. cit.*, 1988b.

37 A. NIETO GALÁN: «Un projet regional de chimie appliquée à la fin du XVIIIe siècle», *Archives Internationales d'Histoire des Sciences,* vol. 44, 1994, pp. 38-62.

38 Francisco CARBONELL Y BRAVO: *Discurso que en la abertura de la Escuela Gratuita de Química establecida en la ciudad de Barcelona por la Real Junta de Comercio del Principado de Cataluña dijo –*, Compañía de Jordi, Roca y Gaspar, Barcelona, 1805. Edición facsímil con introducción de Agustí Nieto Galán, Cambra de Comerç, Societat Catalana de Química, Societat Catalana d'Història de la Ciència i de la Tècnica, Barcelona, 2005.

DISCURSO

QUE EN LA

ABERTURA DE LA ESCUELA GRATUITA

DE QUÍMICA

ESTABLECIDA

EN LA CIUDAD DE BARCELONA

POR LA

REAL JUNTA DE COMERCIO

DEL PRINCIPADO DE CATALUÑA

DIXO

EL D.r D.n FRANCISCO CARBONELL Y BRAVO

Catedrático Director de aquella Escuela, Miembro Titular de la Sociedad Académica de Ciencias de París, Profesor de Farmacia del Real Colegio de Madrid y del de Barcelona, Académico Numerario y Director de Químicas de la Real Académia de Ciencias naturales y Artes de esta Ciudad, Socio Residente de la Real Académia de Medicina Práctica de la misma, Socio Intimo de la Real Académia Médico-Práctica de Cartagena, y Correspondal de varias Sociedades y Cuerpos Literarios Nacionales y Extrangeros.

BARCELONA:

POR LA COMPAÑÍA DE JORDI, ROCA, Y GASPAR,

AÑO 1805.

4.3. Discurso de apertura de la Escuela de Química de la Junta de Comercio (1805). *Dejando de lado el estilo retórico que la ocasión imponía, Carbonell presentó un programa docente y científico muy ambicioso. Siguiendo a su maestro intelectual, Jean-Antoine Chaptal, preconizaba un tipo de químico implicado en todas las actividades de la sociedad, desde la agricultura a la industria, sin olvidar la salud pública.*

Madrid había enseñanza de química, pero la escuela de Barcelona no será la última. Hay que señalar que Carbonell ignoraba el Seminario de Vergara y otras instituciones del Estado, pero no sabemos decir por qué. Divide el discurso en dos partes. En la primera presenta el objeto de la química y sus aplicaciones; y en la segunda, el método y plan que ha adoptado para la Escuela de Barcelona.

Se encuentra, antes de nada, una definición de química: «Es la ciencia que nos enseña a conocer los principios y propiedades de todos los cuerpos naturales, y la mutua e íntima reacción de los mismos». Considera, en consecuencia, la existencia de las «artes químicas», es decir, la técnica o ingeniería química. Sin embargo, también existen las «artes físico-químicas», las «químico-mecánicas» e incluso las «mecánico-físico-químicas». Por otro lado, siguiendo a Fourcroy, explica que la química «debe dividirse en general y particular»; general, por teórica, y particular por las aplicaciones (donde plantea siete campos: meteorológica, mineral, vegetal, animal, farmacológica, artística y económica). Carbonell recuerda la división entre matemáticas puras y mixtas y ofrece como analogía la división de la química, haciendo una consideración interesante[39]:

[39] F. CARBONELL Y BRAVO, *op. cit.*, 1805, p. 12.

> «Debe desterrarse enteramente la división entre *teórica* y *práctica* adoptada por los químicos antiguos [...]; pues semejante división es inexacta y perjudicial a los progresos de esta ciencia, y dirigida a desunir dos partes que deben ser del todo inseparables. La teoría sin la práctica caminaría a ciegas, y la práctica que no fuese fundada en la teórica, sería solamente un trabajo vano, y destituido de objeto verdadero y apreciable».

Tras la cuestión semántica, en el rechazo a la división entre teoría y práctica había un posicionamiento muy fuerte a favor de lo que hoy llamaríamos la ingeniería, una práctica técnica guiada por la ciencia.

En su Escuela dice que tratará principalmente la química artística (o técnica) y la mineral, además de la filosófica, que es la condición necesaria para desempeñarse en las demás. Tras proclamar que si en España se extiende el estudio de la química se lograrán los progresos que se han conseguido en Francia, Inglaterra, Alemania y Holanda, señala el peligro de reducir la química a operaciones rutinarias. Los fabricantes y los agricultores deberán estar formados en esta disciplina para afrontar los problemas de cada día de manera fructífera. Por otro lado, las distintas especialidades (la química del tintorero, del fabricante de loza, del farmacéutico, del curtidor) son, en realidad, una misma ciencia[40]:

> «La misma ciencia reducida a un sistema de conocimientos químicos generales es la que abraza a todos, les instruye y les presta el fundamento de sus operaciones».

A continuación explica su proyecto docente. Por lo que se refiere a la química general, se propone tratarla con extensión, es decir, exponer las propiedades generales de los cuerpos, su naturaleza, principios y propiedades en los tres reinos, mineral, vegetal y animal, siguiendo obras «elementales», preferentemente la de Chaptal. Algunos «cuerpos» serán tratados con más detenimiento, como el oxígeno, el hidrógeno y el ázoe (nitrógeno), «por entrar en la composición de la mayor parte de los cuerpos naturales»; o bien como «el hierro, el cobre, la plata, el alumbre, el vitriolo, el nitro», por su influencia en las artes; o el carbón, el agua y el aceite, por sus usos económicos. Todos los años explicará no sólo las propiedades químicas sino también las aplicaciones de cada sustancia que mencione. Por ejemplo, hablará de tintes al tratar la materia extractiva de los vegetales, o de la destilación del aguardiente al tratar del alcohol. Siguiendo por orden las sustancias del reino mineral, vegetal y animal, Carbonell ofrece un listado muy interesante de los procesos en los que interviene la química. Otra temática que se propone tratar es la mineralogía. Es consciente de que haría falta un profesor especial para esta materia, pero, mientras la Junta no lo nombre, piensa explicar los principios de la «oritognosia» con ayuda de la colección de minerales que tiene la institución. Con la química general y la mineralogía podrá entrar al estudio de la química aplicada a las artes, con el fin de ayudar a su «perfección». No podrá tratar de todas las aplicaciones posibles, sino que llevará a cabo una

[40] F. CARBONELL Y BRAVO, *op. cit.*, 1805, p. 21.

selección, según las que tengan más extensión en Cataluña, sin descartar aquellas especialidades que, por el contrario, se trate de promocionar. De este modo, hace una mención escueta, pero bastante amplia, de estos campos. A saber[41],

> «La agricultura; la fabricación de pintados; la fabricación de vino, de vinagre, de aguardiente, de sal saturno, de jabón, de naipes y de papel; el blanqueo de lienzos, paños y cotones; el arte de tintorero de seda, de paños, algodones y estambres; el arte de platero, de calderero y de latonero; el arte de preparar y blanquear la lana; de purificar y blanquear la cera; la fabricación de utensilios de acero y de hierro para usos domésticos y artísticos y consumo de la Marina, de cañones de escopeta, de telares de medias, de máquinas de hilar y cardar, el beneficio de las minas de carbón y de sal común; la fabricación de termómetros, barómetros, y aerómetros; el arte de curtidor; la fabricación de cola, de sombreros, de anzuelos, de vidrios y medios cristales, de rosolis, y demás licores; el arte de vidriero de luz o al soplillo, y el arte de ataracea o embutido de colores».

El panorama, descrito de manera algo desordenada, tiene la virtud de introducirnos en el mundo de la manufactura catalana del momento. Carbonell, sin embargo, dice que también tratará de aquellas industrias o actividades químicas que, según él, podrían desarrollarse. Menciona las siguientes[42]:

> «La mineralogía en general y sus dos ramos, la docimasia y la metalurgia; la fabricación de los ácidos sulfúrico, nítrico y muriático; la fabricación de potasa, de barrilla, del salitre, de sal prunela, del alumbre y del cristal tártaro; la fabricación de cardenillo, de verdete destilado, de litargirio y de azarcón; la fabricación de loza fina y porcelana; el nuevo método de curtir; la indagación de volcanes; la fabricación de hoja de lata, de alfileres, de cristales, de esmaltes y de azul de Prusia; la preparación y blanqueo de sedas».

Es interesante ver que se anticipa a sectores, como el de producción de ácido sulfúrico o de potasa, que acabarían teniendo un gran peso en Cataluña.

II.2. Un «Liceo artístico»

En la edición del discurso de apertura, Carbonell incluyó una larga nota para reconocer públicamente la labor de la Junta de Comercio. Explica la existencia de las escuelas y cátedras creadas hasta entonces y menciona los proyectos en curso.

> «La agricultura y artes pronto van a ser deudoras a este cuerpo [la Junta de Comercio] de nuevos progresos con este establecimiento de Química aplicada al fomento de las artes. El ramo de Maquinaria tan esencial para muchas artes y fábricas que necesitan la aplicación de fuerzas va tomando su incremento con la nueva colección de máquinas que a todo coste[43] se va procurando este ilustre cuerpo, franqueándolas al público para su instrucción, y facilitando el estudio y composición de ellas[44]; el establecimien-

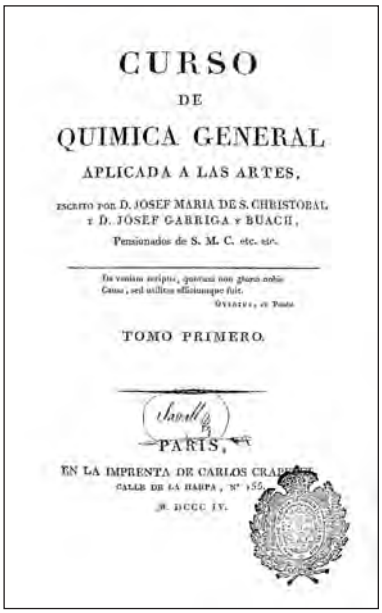
---

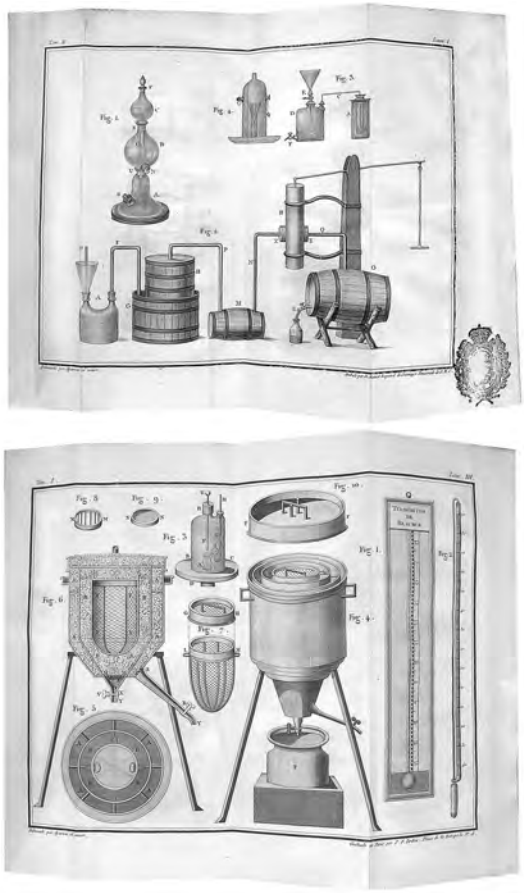
41 F. CARBONELL Y BRAVO, *op. cit.*, 1805, pp. 35-36.

42 F. CARBONELL Y BRAVO, *op. cit.*, 1805, p. 36.

43 «A todo coste» significa algo así como 'sin reparar en gastos'.

44 Ver más adelante lo referente a la enseñanza de la mecánica.


CURSO
DE
QUIMICA GENERAL
APLICADA A LAS ARTES,
ESCRITO POR D. JOSEF MARIA DE S. CHRISTOBAL
Y D. JOSEF GARRIGA Y BUACH,
Pensionados de S. M. C. etc. etc.
TOMO PRIMERO.
PARIS,
EN LA IMPRENTA DE CARLOS CRA
CALLE DE LA HARPA, N.° 55.
M. DCCC IV.



4.4.* Curso de Química General *de Josef María de San Christóbal y Josef Garriga y Buach (1804), *pensionados por el gobierno español en Francia y varios países europeos en los primeros años del siglo XIX. Como fruto de esta estancia, publicaron los dos primeros volúmenes (y únicos) de su* Curso de Química General aplicado a las artes*, que ha sido considerado el primer manual de química original publicado en castellano. (Bibl. RSE Aragonesa; fot.: M.S.S.)*

> to de la arquitectura está actualmente ocupando su atención; y vemos hoy día que igualmente ha tomado a su cargo la erección de la Cátedra de Taquigrafía. Esta colección de enseñanzas ofrece en un punto de vista un Liceo artístico muy recomendable y digno de los mayores elogios.»

Describir el conjunto de iniciativas de enseñanza como un «Liceo artístico» confirma nuestra hipótesis de la difusión de la idea de establecer un sistema de enseñanzas científicas y técnicas. Evidentemente, las palabras que Carbonell seleccionó pueden confundirnos. *Liceo*, en Barcelona, se asocia con un teatro de ópera, porque su origen como escuela ya no se recuerda. *Artístico*, hoy en día, es un adjetivo que se

aplica exclusivamente a las artes creativas, pero en la época de Carbonell incluía, como hemos dicho, a la técnica. Por consiguiente, el «Liceo artístico» de Carbonell se denominaría hoy escuela politécnica.

El éxito inicial de público no quedó afectado, a pesar de todo, por un lamentable accidente que padeció Carbonell pocos días después de la inauguración de las clases. El 8 de junio, al hacer la síntesis del agua, se produjo una explosión a consecuencia de la cual perdió un ojo, al tiempo que un ayudante suyo perdió la vida y otro resultó lesionado de manera grave de por vida. Este accidente le apartó un tiempo de la docencia y alteró su salud en lo sucesivo. Sin embargo, continuaría al frente de las clases hasta 1808 y, tras el final de la guerra, proseguiría en 1814 hasta su jubilación en 1822.

Nieto Galán reproduce la lista de los inscritos en los primeros años de la cátedra. Tomando únicamente el número, se observa un interés sostenido por aprender química, por encima de 50 antes de la guerra de la Independencia y sobre los 25-30, después[45].

	1805	1806	1807	1814	1815
Alumnos	64	53	69	22	32

Entre los discípulos de la primera etapa se encuentra el menorquín Mateu Orfila, matriculado en 1806, que había estudiado medicina en Valencia, pero que fue a Barcelona atraído por las enseñanzas de Carbonell. Hemos dicho que Orfila fue pensionado por la Junta de Comercio para ampliar su formación en París. Ahora podemos añadir que su patrocinador fue Carbonell.

Nieto Galán hizo un balance del perfil de los estudiantes de la cátedra de química partiendo de los datos de la inscripción en algunos años en que constaba la profesión de los alumnos[46]. El 27 % eran cirujanos; el 20 %, farmacéuticos; el 18 %, artesanos de distinto tipo; el 13 %, comerciantes y fabricantes; un 9 %, médicos y otros oficios sanitarios. Como se ve, las personas vinculadas a las profesiones médicas tuvieron un gran interés en formarse en la nueva química.

En varios trabajos se ha puesto de manifiesto que Carbonell no se limitó a la enseñanza sino que convirtió su cátedra en un lugar de consulta y difusión de las nuevas tecnologías químicas; principalmente, como hemos dicho, las relacionadas con las tinturas, el uso de productos químicos en la farmacia y la medicina, el análisis de aguas, la destilación de alcoholes, etc.[47]

---

45 A. NIETO GALÁN, *op. cit.*, 1999, pp. 140-145.

46 A. NIETO GALÁN, *op. cit.*, 1999, p. 134.

47 A. NIETO GALÁN, *op. cit.*, 1994, 1999; Pere GRAPÍ y Agustí NIETO GALÁN: «La Quimica, de les tradicions artesanes a l'assimilació de les noves teories», en Ramon PARÉS y Joan VERNET (eds.): *La Ciència en la Història dels Països Catalans*, Institut Joan Lluís Vives, Universitat de València, Institut d'Estudis Catalans, Valencia (en prensa).

II.3. Vinicultura y destilación de alcoholes

Una de les actividades de mayor proyección social y económica de la Escuela de Química de la Junta de Comercio fue su papel en la difusión de las nuevas aplicaciones de la química a la producción de vino y, sobre todo, a la obtención de alcohol[48]. En Cataluña, la viña, como hemos mencionado, se había convertido ya en el siglo XVII en un cultivo productivo, gracias a la comercialización de vinos y alcoholes. Se trataba de una actividad agrícola a la cual se asociaba una actividad industrial manufacturera, que se basaba en un proceso químico muy destacado, la fermentación. La producción de vino y alcohol era una actividad práctica milenaria que la química científica de finales del siglo XVIII empezó a esclarecer. Uno de los objetivos de la investigación de Lavoisier y de sus contemporáneos era interpretar la combustión y la respiración. La fermentación fue vista como un fenómeno muy similar. A pesar de que la comprensión del proceso químico era compleja, los químicos avanzaron en la medida de las cantidades de las sustancias implicadas, algunas de ellas gases. Desde el punto de vista comercial, la determinación del contenido en alcohol de un vino es muy importante. En esta época se introdujeron instrumentos de medida para mejorar la precisión alcanzada. Los alcoholes, otra técnica artesana muy establecida, se producían por destilación de vino. Los químicos de finales del siglo XVIII contribuyeron a la optimización de su obtención.

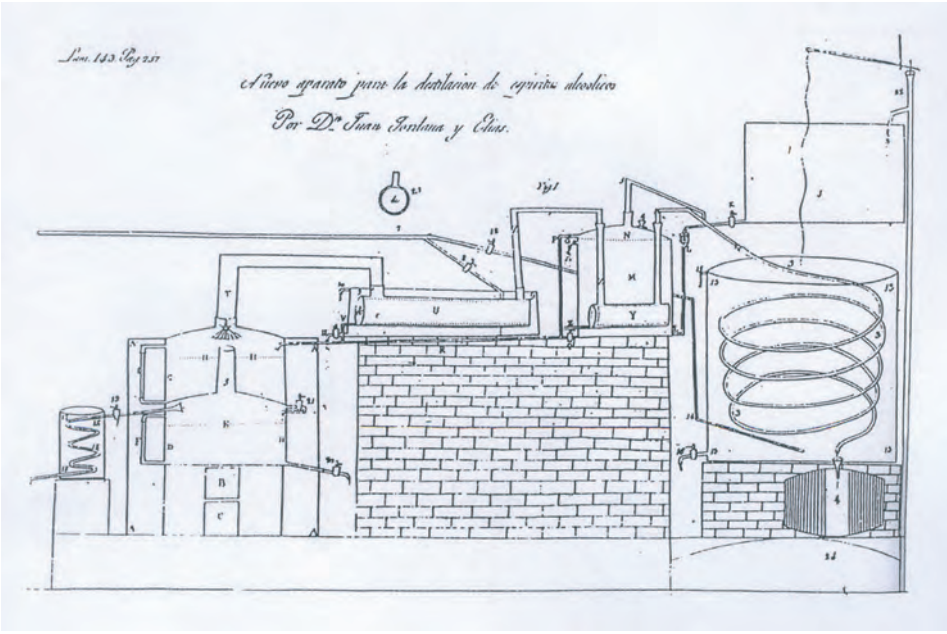
Francesc Carbonell publicó a partir de 1817 una serie de trabajos sobre vinicultura en la revista de la Junta de Comercio, las *Memorias de Agricultura y Artes*, trabajos que reunió en 1820 en forma de monografía[49]. Nieto Galán considera que, en esta obra, Carbonell sintetizaba la labor realizada al frente de la cátedra, dado que, además, la dejaría poco después por motivos de salud. Los apartados del libro representan bien su contenido:

1 Ideas y reflexiones generales sobre la viña.
2 De la uva considerada con relación al terreno, al clima, a la exposición, a las estaciones y al cultivo.
3 De la construcción y conservación de bodegas.
4 De la vendimia.
5 De la fabricación y conservación del vino.
6 De las preparaciones diversas para mejorar el vino y obtenerle de varias calidades.
7 De las alteraciones espontáneas del vino y modo de remediarlas.
8 De los vinos artificiales.
9 Policía judicial química del vino.

---

[48] Seguimos el trabajo de A. NIETO GALÁN: «La tecnologia del vi i la destil·lació a la Catalunya de 1800», *Quaderns d'Història de l'Enginyeria*, vol. 2, 1997, pp. 9-42.

[49] F. CARBONELL: *Arte de hacer y conservar el vino, con una noticia acerca la fabricación del vinagre*, Antonio Brusi, Barcelona, 1820.



4.5. Proceso de destilación de Jordana aparecido en las* Memorias de Agricultura y Artes *(1821). *El reto tecnológico de la producción de alcoholes era la llamada destilación continua. Desde finales del siglo XVIII se presentaron diversas invenciones. En Barcelona, Carbonell difundió el sistema inventado por Joan Jordana.*

Este último apartado habla de una de las amenazas del comercio de vino, la adulteración o falsificación, y cómo detectarla. Por lo que se refiere a la destilación de alcoholes, también bajo la supervisión o intervención directa de Carbonell, las *Memorias de Agricultura y Artes* publicaron detalles sobre los nuevos procedimientos en Europa y algunas aportaciones locales. El licorista de Montpellier Édouard Adam patentó en 1801 un aparato que ponía en contacto los vapores destilados con líquidos "flemáticos", de manera que producía un enriquecimiento progresivo de la concentración alcohólica en un proceso llamado de "rectificación"[50]. Su aparato se difundió pronto en Cataluña, tal como lo reflejan las *Memorias* entre 1815 y 1817, junto con los otros aparatos que se habían desarrollado en la misma época. Carbonell presentó en 1817 una modificación suya del aparato de Adam que había mejorado y fabricado el licorista Joan Jordana[51]. Por lo que se refiere a medidas precisas del contenido de alcohol, junto con otros dos miembros de la Academia de Ciencias, Francesc Santponç y Pere

[50] A. NIETO GALÁN, *op. cit.,*1997, p. 16.

[51] A. NIETO GALÁN, *op. cit.,* 1997, pp. 28 y 30-36.

Vieta, supervisó en 1807 a Josep Valls, fabricante de barómetros, termómetros y aerómetros, que suministraba estos instrumentos a manufacturas reales y a la Escuela de Química. Josep Valls había sido discípulo de Carbonell en 1806.

El estudio de la fabricación de vinos y alcoholes promovido por Carbonell dejó una huella muy clara en la Escuela de Química de la Junta de Comercio. Su sucesor, Josep Roura, también realizó importantes aportaciones a la vinicultura, como lo prueba su informe de 1839, tras un viaje a Francia financiado por la Junta[52].

II.4. Tinturas

Como se ha dicho, las fábricas de estampado instaladas en la primera mitad del siglo XVIII en Barcelona representan la incorporación catalana a la revolución industrial. Los estampados planteaban diferentes problemas técnicos. Primero, el del diseño; segundo, el proceso mismo de estampado, que incluía una mecánica de producción, y el uso de tintes para obtener los colores. En la primera mitad del siglo, conocer la naturaleza química de los colorantes fue imposible[53]. Los químicos, sin embargo, intervinieron en la racionalización de los procesos y en la elaboración de algunos productos, por ejemplo los ácidos utilizados en el blanqueo. La química de las tinturas fue, pues, una actividad empírica durante todo este período.

Ya en los ejercicios públicos que organizó la Escuela de Química en 1807 se introdujeron algunas operaciones relacionadas con la tintura, en particular el manejo de sustancias colorantes, las técnicas de blanqueo y el uso de los mordientes, es decir, las sustancias que servían para fijar los colores. Según Nieto Galán[54], la química de tinturas había sido un centro de interés de los químicos españoles de la época, destacando a Pedro Gutiérrez Bueno, con el que Carbonell se había formado en Madrid. Éste, sin embargo, hizo una presentación teórica de la tintura más erudita y sistematizada, centrándose, además, en el algodón, mientras que sus predecesores hablaban de lana o lino. Carbonell publicó varios trabajos sobre tinturas en las *Memorias de Agricultura y Artes*, principalmente en 1817 y 1818. En realidad, la mitad de los artículos de química que aparecieron en la revista trataban de tinturas. Por otro lado, Carbonell fue llamado a inspeccionar algunas de las muchas instalaciones de producción de ácidos y mordientes que se instalaron en Cataluña a partir de 1814. El interés por las tinturas se completaba con la sección del Jardín Botánico de la Escuela de Agricultura y Botánica.

---

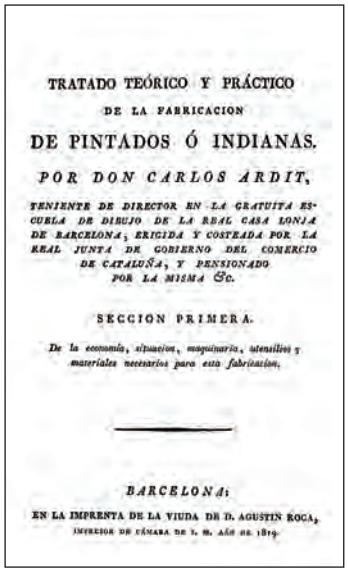
52 José ROURA: *Memoria sobre los vinos y su destilación y sobre los aceites*, Impr. de J. Oliveres, Barcelona, 1839, edición facsímil con introducción de G. Lusa y A. Roca Rosell, ETS de Enginyers Industrials de Barcelona, Barcelona, 1997.

53 Una síntesis muy completa se encuentra en A. NIETO GALÁN, *op. cit.,* 1994, pp. 149 y siguientes (cap. 4).

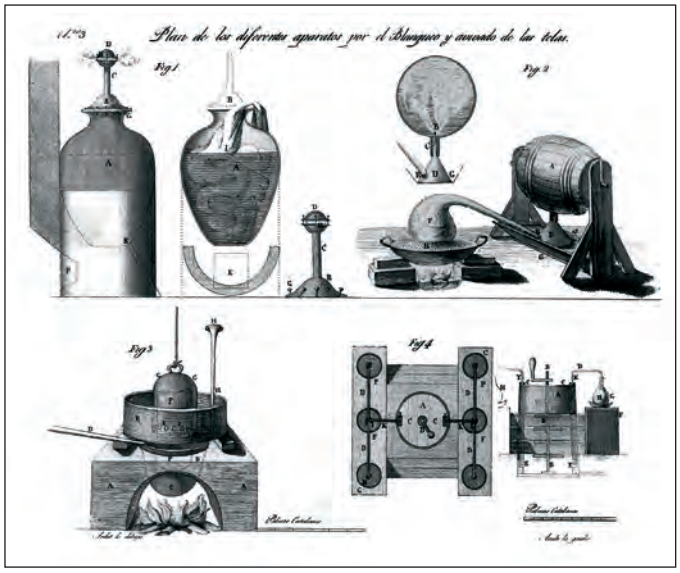
54 A. NIETO GALÁN, *op. cit.,* 1994, p. 179.

Un proceso paralelo a la Escuela de Química tuvo lugar con la misión confiada a Carles Ardit en 1814[55]. La Junta de Comercio era consciente de que la calidad de los estampados conseguida en las fábricas catalanas no era suficiente para una competitividad adecuada, como diríamos hoy en día. En 1797 el vocal de la Junta Joaquim de Roca i Batlle propuso que se emprendiera alguna acción para remediar la situación. La Junta consultó a dos especialistas, Josep Gironella y Joan Canaleta, que confirmaron un diagnóstico muy negativo tanto en la habilidad de los dibujantes como en las técnicas de manufactura, incluido el color. Propusieron que se mandara a alguien en una misión de espionaje industrial a Suiza o Inglaterra.

La coyuntura favorable no llegó hasta casi veinte años más tarde. Carles Ardit pertenecía a una familia de artesanos especializados y era profesor ayudante de la clase de dibujo y diseño de la Escuela de Nobles Artes. En octubre de 1814, la Junta acordó que fuese al extranjero a visitar fábricas de estampación y «aprender la composición



TRATADO TEÓRICO Y PRÁCTICO
DE LA FABRICACION
DE PINTADOS Ó INDIANAS.
POR DON CARLOS ARDIT,
TENIENTE DE DIRECTOR EN LA GRATUITA ESCUELA DE DIBUJO DE LA REAL CASA LONJA DE BARCELONA; ERIGIDA Y COSTEADA POR LA REAL JUNTA DE GOBIERNO DEL COMERCIO DE CATALUÑA, Y PENSIONADO POR LA MISMA &c.
SECCION PRIMERA.
De la economía, situacion, maquinaria, utensilios y materiales necesarios para esta fabricacion.
BARCELONA:
EN LA IMPRENTA DE LA VIUDA DE D. AGUSTIN ROCA,
IMPRESOR DE CÁMARA DE S. M. AÑO DE 1819.



4.6. El manual de pintados e indianas de Carles Ardit (1819), *la primera sistematización de los conocimientos sobre las tinturas en España y una de las primeras del mundo. Ardit realizó una extensa tarea de recopilación de datos sobre procedimientos y procesos en Francia y Suiza, en una operación de espionaje industrial financiada por la Junta de Comercio de Barcelona. A su retorno a la Ciudad Condal, la misma Junta financió esta publicación, para suministrar conocimientos científicos y técnicos al mundo textil. El texto abarca todas las técnicas relacionadas con la tintura y los estampados, incluyendo la parte química, como, por ejemplo, el blanqueo de los tejidos.*

55 J. MALUQUER DE MOTES, *op. cit.,* 2000.

de colores, mordientes, baños y demás». También el blanqueo, la fabricación de hilados y tejidos y los procedimientos de estampado. Partió el mismo mes de octubre de 1814 y, pasando por Lyon, llegó a París. Allí entró en contacto con otros pensionados de la Junta, como Mateu Orfila, y se dedicó todo el invierno a estudiar química y a perfeccionar el idioma. Pero la situación de guerra le hizo permanecer en París más de lo previsto. Visitó el establecimiento de Oberkampf, en Jouy, una de las más destacadas manufacturas de estampados de Europa. De hecho, en ella se utilizaba el cilindro mecánico que había inventado el escocés Thomas Bell en 1783 y que no se había introducido en Barcelona. En julio de 1815, Ardit partió para Suiza, donde visitó manufacturas en Ginebra y se instaló en Neuchatel.

En diciembre se trasladó a Alsacia y se instaló en Mulhouse. Visitó muchas fábricas, de manera que en diciembre de 1816 mandó un informe a la Junta, donde no sólo daba explicaciones de organización industrial sino que entraba en muchos detalles sobre los procesos de blanqueo, batanaje, empleo de mordientes y procedimientos de estampación, incluido el uso del cilindro. Siguió en Mulhouse a requerimiento de la Junta para profundizar en la información, pero su actividad empezó a atraer la atención de las autoridades francesas, que sospechaban que tenía un misión de espionaje. En agosto de 1817 estaba de vuelta en Barcelona y se reincorporó a su tarea docente. Sin embargo, la Junta aprobó un salario para que redactara de manera completa el resultado de su misión. En 1819 aparecieron los dos volúmenes de su *Tratado teórico y práctico de la fabricación de pintados o indianas*, una de las obras técnicas más destacadas de la primera mitad del siglo XIX en España. Ardit no pudo continuar su actividad, ya que murió afectado por la fiebre amarilla en la epidemia de 1820.

III

Barcelona, 1807: se inaugura la Escuela de Mecánica

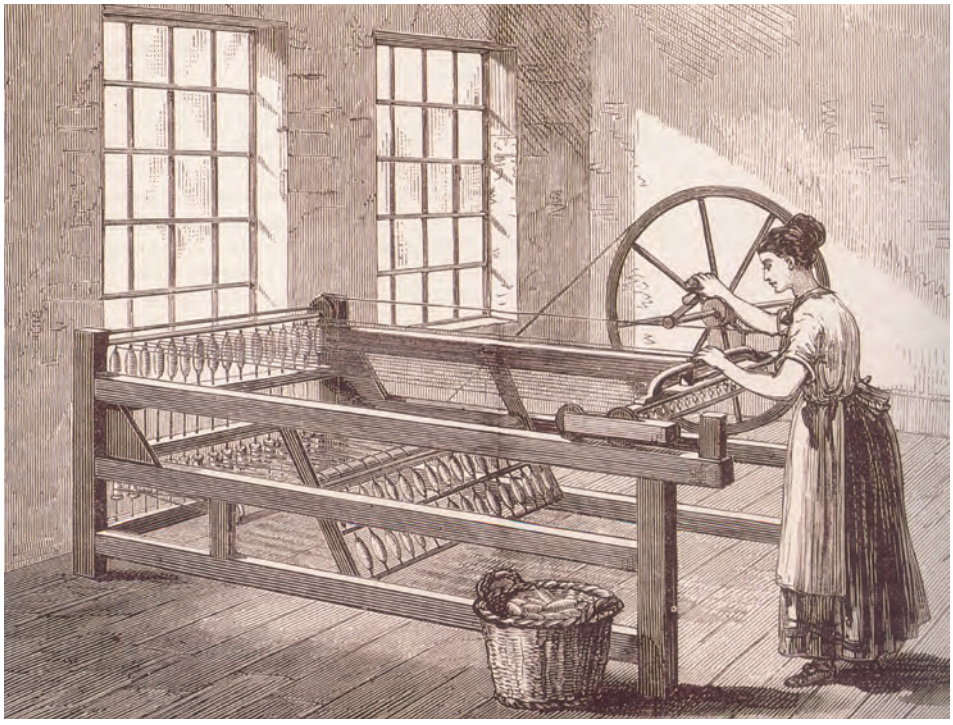
Tras la aprobación por la Junta de Comercio y el nombramiento de Francesc Santponç i Roca como profesor, el 1 de octubre de 1807 se inauguró la Escuela de Estática e Hidrostática. Esta Escuela iniciaba la enseñanza de la mecánica en Barcelona y fue, tras superar alguna crisis importante, una de las que formó en 1851 la Escuela Industrial de Barcelona[56].

III.1. Una interesante alianza, Francesc Santponç i Roca y Jacint Ramon

Francesc Santponç i Roca (1756-1821) fue un médico que se interesó por la mecánica. Junto con el también médico Francesc Salvà Campillo y el artesano Pere

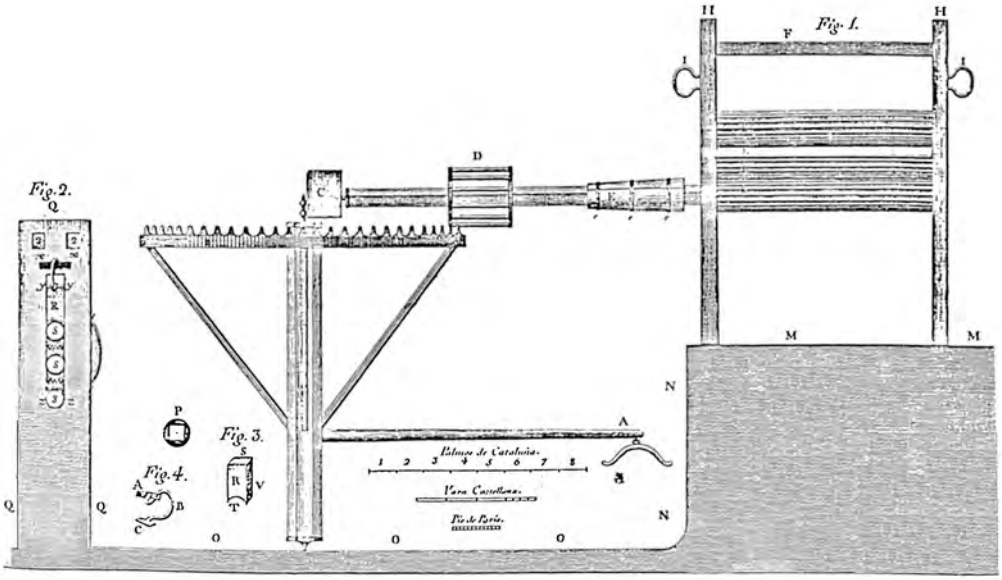
[56] Carles PUIG PLA: «L'establiment dels cursos de mecànica a l'Escola industrial de Barcelona (1851-1852). Precedents, professors i alumnes inicials», *Quaderns d'Història de l'Enginyeria,* vol. I, 1996, pp. 127-196.

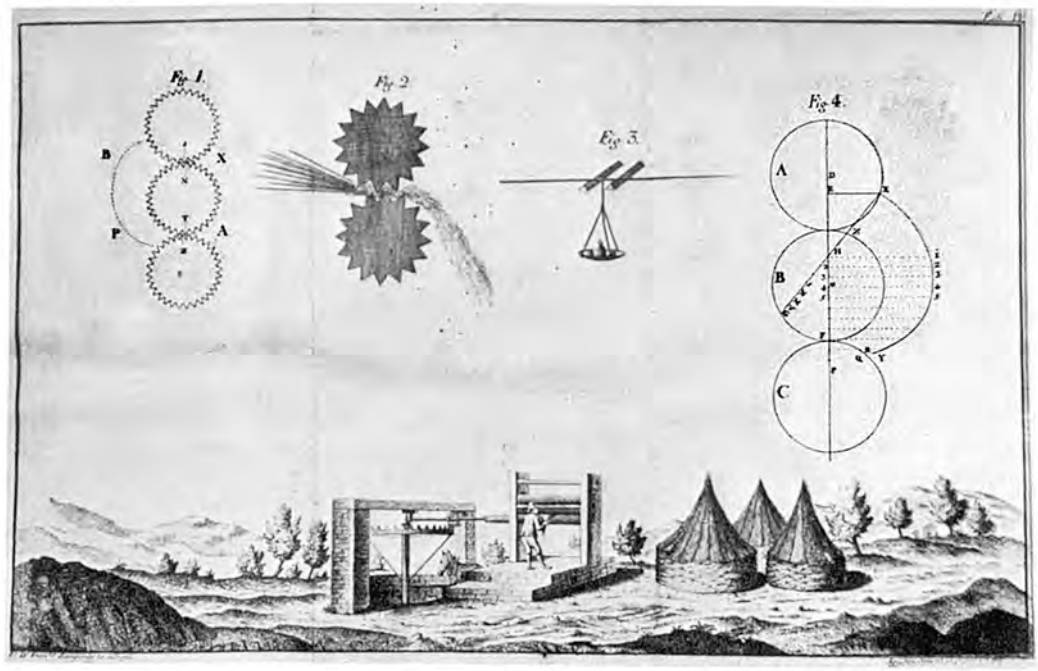
Gamell, construyó una nueva máquina de agramar cáñamo y lino, cuya memoria publicó el gobierno en 1784. La máquina aliviaba uno de los problemas más graves del proceso de agramado, el polvo, que afectaba a las vías respiratorias de los obreros[57]. Como reconocimiento hacia sus saberes mecánicos, en 1786 fue admitido en la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona y se incorporó a la dirección de Estática e Hidrostática, de la que fue responsable en varias ocasiones. Entre 1786 y 1793 presentó a la Academia cinco memorias sobre aplicaciones de las máquinas (torno, molino, máquina de vapor), transporte en canales y también cuestiones de mecánica teórica. Santponç estaba interesado por las nuevas orientaciones de la física, principalmente por sus aplicaciones a ingenios mecánicos. El perfil resultante de estas acti-



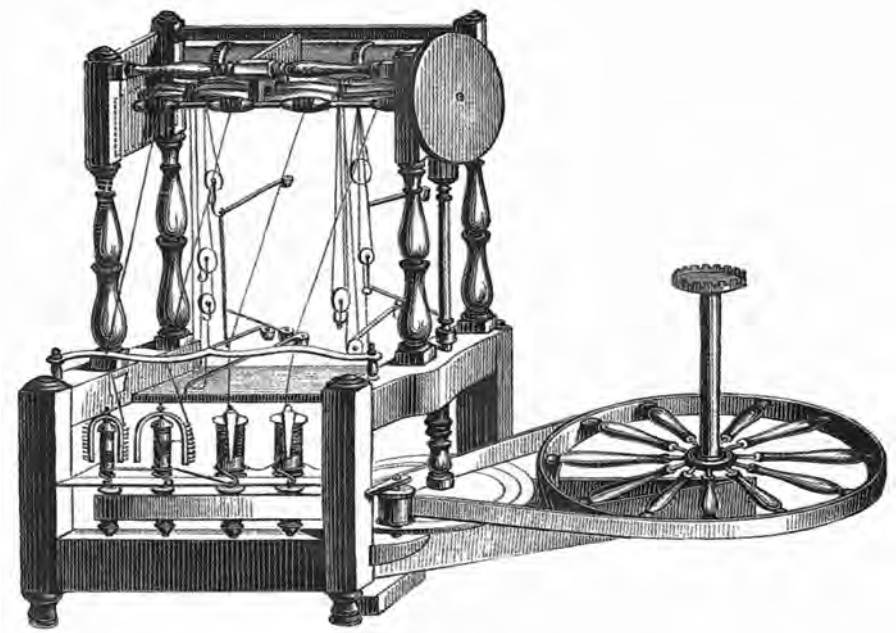
4.7. Máquina de hilar* jenny*, inventada por James Hargreaves en 1764. *La palabra deriva de* engine*, es decir, 'motor o máquina'. Era de tracción humana, en la que el estirado y el torcido de las fibras se conseguía con el movimiento hacia delante y hacia atrás, con un cierto ángulo, con los husos recogiendo el hilo al girar. El giro se producía accionando la manivela con la mano derecha, mientras que con la izquierda se hacía el movimiento hacia delante y hacia atrás. La máquina permitía el hilado de varios husos al mismo tiempo.*

57 Francesc SALVÀ CAMPILLO y Francesc SANTPONTÇ ROCA: *Disertación sobre la explicación y uso de una nueva máquina para agramar cáñamos y linos inventada por* —, Imprenta Real, Madrid, 1784.





4.8. Máquina de agramar cáñamo y lino de Francesc Salvá y Francesc Santponç, construida por el artesano Pere Gamell (1784). *Desarrollaba, según sus autores, las operaciones de agramar, espadar y moler. Fue probada en la finca de los hermanos Calvet de Sant Martí de Provençals. Se tiene noticia de que funcionaron varias máquinas como ésta en Banyoles, Mallorca y Daroca, esta última movida por agua.*



***4.9. Máquina de hilar* Arkwright.** *En la tecnología textil, estas máquinas, patentadas en 1769, se encuentran entre las primeras planteadas para usar fuerza motriz no humana. De hecho, eran conocidas como* waterframe*, literalmente 'estructura para agua', ya que su inventor pensó en la energía hidráulica como motor. Richard Arkwright también diseñó máquinas de peinar y de cardar.*

vidades es la de un médico activo, con un interés creciente por la mecánica y por sus principios físicos.

Jacint Ramon era uno de los fabricantes de indianas más relevantes de Barcelona. Su familia se encuentra entre las pioneras de la industria algodonera en la ciudad. Hacia 1790, su padre, Pau, fue uno de los introductores de las máquinas de cardar *Arkwright* en Cataluña[58]. En el cambio de siglo, Jacint se interesó en incrementar la sección de hilados. Además, la ley proteccionista de 1802, que gravaba la importación de hilo de algodón, hizo que la fabricación fuese mucho más rentable. A pesar de que la catalana fue una región tardía por lo que se refiere a la hilatura, las máquinas del sistema *jenny*, manuales, estaban muy difundidas en los años 1790[59]. Jacint Ramon, sin embargo, parece que instaló las llamadas máquinas de hilar "inglesas", es decir, tam-

[58] Se trata, en realidad, de una segunda introducción. Ver, J. K. J. THOMSON, *op. cit.,* 2003.

[59] J. K. J. THOMSON: «La introducció de les màquines Jenny a Barcelona (1784-1789), les primeres etapes en la creació d'una tradició de construcció de maquinària», *Recerques,* 42, 2001, pp. 125-146.

bién según el sistema *Arkwright*, que en Cataluña ya eran conocidas, pero con una extensión limitada.

Estas máquinas, llamadas *water frame*, necesitaban una fuente importante de energía, una corriente de agua, animales de tracción u otra de vapor. Como la fábrica de Ramon estaba en la calle Sant Pau, en el llano de la ciudad, no podía utilizar convenientemente ninguna corriente de agua. Obtenía la tracción necesaria del uso de caballerías (16 mulas), por lo que pensó en instalar una máquina de vapor, como sabía que se hacía desde hacía unos años en Inglaterra[60]. La quería, como explicó Santponç, «para cardar, hilar, subir agua, y ejecutar otras operaciones en su fábrica»[61]. Contrató a «artistas inteligentes» para construirla, pero realizaron «algunas tentativas [...] que sólo sirvieron para demostrarle lo arduo y difícil de semejante empresa»[62]. En consecuencia, se puso en contacto con el director de Estática e Hidrostática de la Academia de Ciencias, Francesc Santponç, que estaba familiarizado con las nuevas invenciones mecánicas y, en particular, con la máquina de vapor, puesto que había presentado una comunicación sobre este tema a la Academia de Ciencias y Artes en 1801.

III.2. La investigación de Santponç

Conocemos muchos detalles de esta investigación gracias a la memoria que Santponç redactó en 1805-1806, que no fue difundida en toda su extensión hasta que la publicó Jaume Agustí en 1983. La memoria consta de dos partes, la primera, de 20 apartados, fue completada en el verano de 1805 y trata de los antecedentes de la tecnología del vapor, de la construcción de una primera máquina y del ensayo de un modelo de doble efecto; la segunda parte, que terminó en marzo de 1806, va del apartado 21 al 75. Es la más extensa y describe con detalle la composición de la máquina grande de doble efecto, así como los principios de su funcionamiento.

En 1804, cuando Jacint Ramon se puso en contacto con él, Santponç conocía las máquinas de vapor sólo a través de la literatura. Más tarde explicó que cuando estuvo en París en 1780 se estaba instalando la primera para elevar agua del Sena, pero no tuvo oportunidad de verla directamente[63]. Sus fuentes principales de estudio fueron el tratado de Bélidor sobre arquitectura hidráulica, y la puesta al día de este tratado a cargo de Prony, que incorporó las últimas innovaciones. En la introducción de la memoria, de carácter histórico, podemos apreciar que Santponç consultó otras fuen-

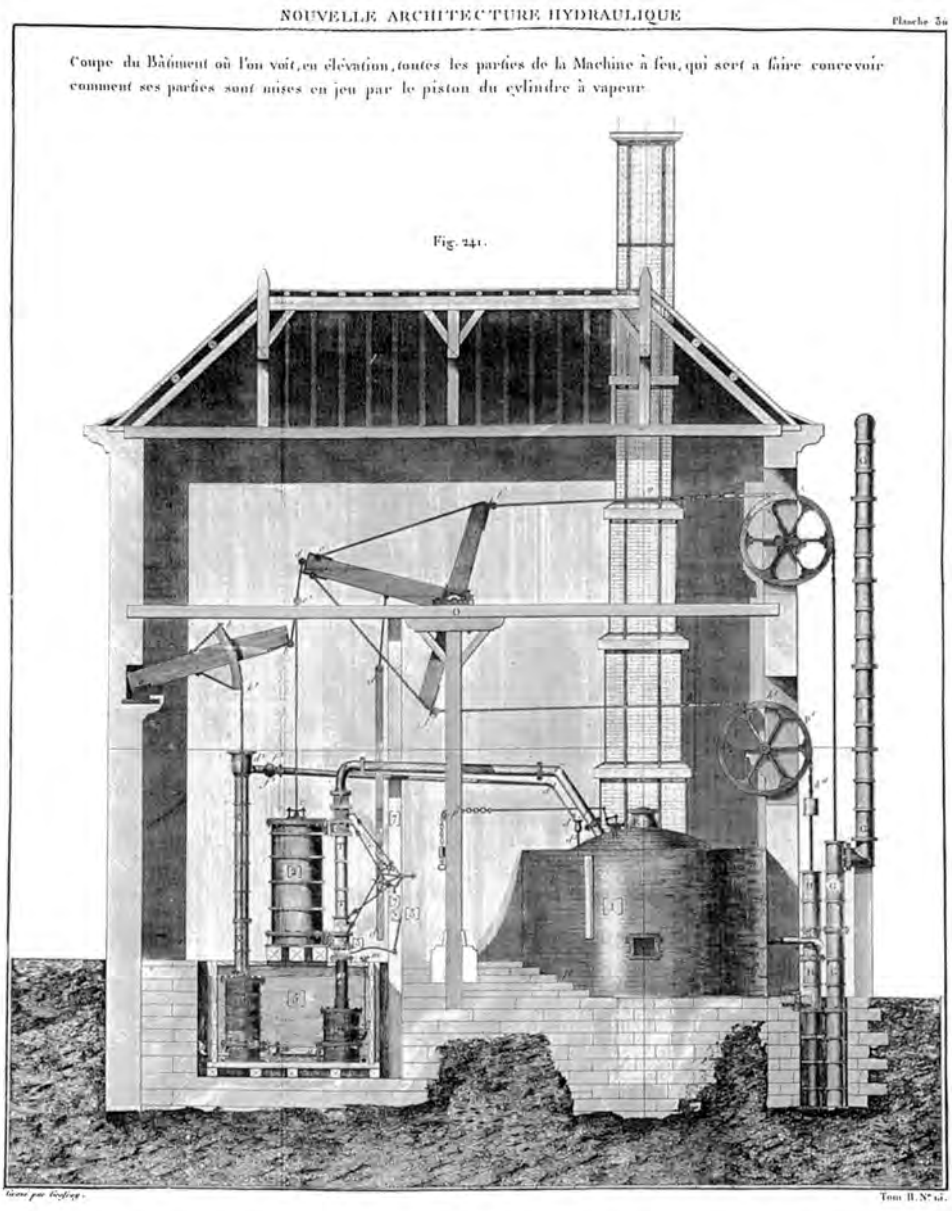
---

60 Basamos la mayor parte de esta información en F. SANTPONÇ: «Noticia sobre una nueva bomba de fuego», reproducida en el libro de Jaume AGUSTÍ; *Ciència i tècnica a Catalunya en el segle XVIII o la introducció de la màquina de vapor,* Institut d'Estudis Catalans, Barcelona, 1983.

61 F. SANTPONÇ: «Noticia...», apartado 3, en J. AGUSTÍ, *op. cit*., 1983, p. 145.

62 *Ibid*.

63 F. SANTPONÇ: «Sobre el modo de establecer en España escuelas de Mecánica para fomento de las Artes y de la Agricultura», 10 fols. mss., Cádiz, 1813. Archivo familiar Santponç, colección particular, Olot.



4.10. La máquina de vapor de doble efecto construida en París (para los hermanos Perrier), bajo la dirección de Agustín de Betancourt. *Su diseño es original, elaborado a partir de una observación incompleta en los Albion Mills. Con este motivo presentó una célebre comunicación en la Academia de Ciencias de París (publicada en 1788) y realizó una maqueta para el Real Gabinete de Máquinas de Madrid. En la* Nouvelle Architecture Hydraulique *de R. de Prony (vol. II, 1796), de donde se toma la ilustración, se explica su funcionamiento siguiendo al ingeniero tinerfeño.*

tes, incluidas varias referencias inglesas clásicas, como *The Century of Inventions* (1663), del marqués de Worcester, o *The Miner's Friend* (1702), de Thomas Savery.

Con la colaboración de los artesanos que Ramon puso a su disposición, construyó una primera máquina de vapor que Jaume Agustí considera que era tipo Newcomen, es decir, atmosférica sin condensador separado. Tenemos que decir que la relectura de los documentos no parece confirmar esta apreciación. En su revisión histórica de las máquinas de vapor, Santponç habla de las de Newcomen como obsoletas y, en cambio, analiza con mucho detalle las aportaciones de Watt y de los demás técnicos que habían contribuido a mejorar su máquina. Creemos, por lo tanto, que la primera máquina que Santponç fabricó era de vapor atmosférica, pero tipo Watt, es decir, con condensador separado.

Esta primera fue «concluida a su tiempo [...] en el modo que estaba proyectada, y su efecto era el equivalente al de diez y siete Caballos y tres quintos»[64]. Agustí piensa que esta estimación no debe tomarse en el sentido actual. Según él, Santponç contaba la fuerza desarrollada por el émbolo, pero no el rendimiento efectivo, que, según su propio cálculo, era inferior a 2 CV.

En todo caso, esta primera máquina no cumplía las expectativas de Ramon. Según Santponç, «[Jacint Ramon] conoció muy luego que aunque estaba ejecutada perfectamente, no dejaban de notarse en ella algunos inconvenientes por defecto de invención que, aunque comunes en esta especie de máquinas, tal vez podrían remediarse o evitarse, siendo los principales la violencia de los movimientos del balancín, las muchas válvulas y los juegos de piezas que se necesitan para moverlas, la precisión y exactitud con que han de estar trabajadas y arregladas, y la facilidad de descomponerse»[65]. Ramon quiso saber si Santponç era capaz de mejorarla. En la memoria afirma lo siguiente:

> «Le dije que yo no dudaba de que la máquina podía simplificarse bastante, pero que para conseguirlo con seguridad sería preciso practicar antes varios experimentos que no dejarían de ser de algún coste. No sólo convino con singular largueza en que se ejecutasen de su cuenta los experimentos insinuados; más aún, quiso que se emprendiese la construcción de otra bomba de vapor más pequeña, que al paso que sirviese interinamente para ejecutar en ella las pruebas que yo considerase conducentes, pudiese después de concluidos destinarse a usos domésticos, y servir de modelo para arreglar la grande a la nueva construcción en el caso de resultar ventajosa»[66].

Aquí Santponç se deshace en elogios a la generosidad y patriotismo de Ramon. No hay que olvidar que escribía la memoria para que se difundiese entre los fabricantes y les animase a apoyar sin dudas la introducción de la nueva tecnología del vapor.

---

64 F. SANTPONÇ: «Noticia...», apartado 3, en J. AGUSTÍ, *op. cit*., 1983, p. 145.

65 F. SANTPONÇ: «Noticia...», apartado 4, en J. AGUSTÍ, *op. cit*., 1983, p. 145.

66 F. SANTPONÇ: «Noticia...», apartado 5, en J. AGUSTÍ, *op. cit*., 1983, p. 145.

Santponç advertía del coste de la experimentación, pero destacó en otro lugar que su participación había sido sin remuneración.

La máquina "pequeña" era de doble efecto, según una invención de Watt de 1782. La patente no era conocida y, además, ninguna de estas máquinas había salido de Inglaterra. La tecnología de doble efecto la hacía mucho más eficiente. La principal innovación era un sistema de conducción del vapor, de manera que, después de impulsar el émbolo de la máquina en una dirección, se utilizaba para volver a moverlo en la dirección contraria. De esta manera, dejaba de ser atmosférica, es decir, no necesitaba de la presión atmosférica para recuperar el movimiento del émbolo. Esto abrió la posibilidad de diseñarla con el tubo horizontal, ya que la posición vertical era imprescindible únicamente para la atmosférica.

La tecnología de la máquina de doble efecto fue conocida fuera de Inglaterra gracias al ingeniero español Agustín de Betancourt[67]. Éste visitó la fábrica de Watt y Boulton en el Soho de Londres y vio funcionar la máquina de doble efecto, aunque no le permitieron conocer los detalles de su construcción. Sin embargo, se hizo cargo del principio del funcionamiento y lo explicó en una memoria que publicó la Academia de Ciencias de París en 1788. Poco después, Betancourt dirigió la instalación de una máquina de doble efecto en París. Todo ello está reflejado en el tratado sobre arquitectura hidráulica de Prony, que fue una de las fuentes de trabajo de Santponç.

La máquina "pequeña" estaba lista en 1805 y fue ensayada en la fábrica de Ramon. Primero, se conectó directamente a una hiladora durante tres semanas; segundo, se usó para elevar agua, al principio conectada con dos bombas movidas por el movimiento alternativo del pistón; después, se usó para «procurarse un salto continuo de agua que cayendo sobre una rueda de cajoncitos mantuviese por este medio en movimiento cierto número de máquinas volviendo a servir la misma agua»[68]. Al parecer, los resultados fueron satisfactorios en ambos casos.

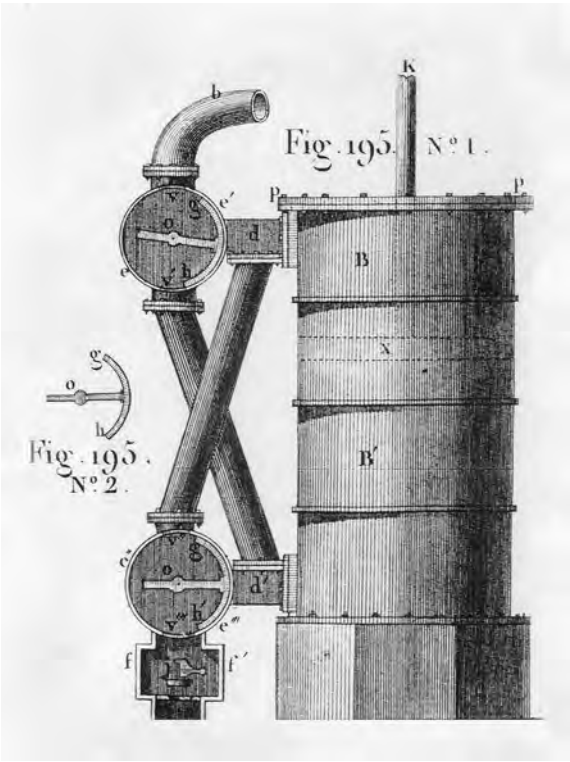
Según Santponç, al construir la máquina hicieron algunas «simplificaciones». Hay que pensar que, para Santponç, «simplificación» era equivalente a decir «mejora». Algunas de estas simplificaciones provenían del hecho de no tener conocimiento directo de la máquina, pero es claro que también se tenía pretensión de mejorar su rendimiento. Santponç estaba muy orgulloso del mecanismo de *registro*, la modificación más original y que, según Agustí, fue efectivamente la aportación más destacada. En un escrito de 1805, resumen de lo que incluyó en la memoria, Santponç describió el registro de la manera siguiente[69]:

---

67 CENTRO DE ESTUDIOS HISTÓRICOS DE OBRAS PÚBLICAS Y URBANISMO: *Betancourt, los inicios de la ingeniería moderna en Europa*, Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente, Madrid, 1996.

68 F. SANTPONÇ: «Noticia...», apartado 19, en J. AGUSTÍ, *op. cit.*, 1983, p. 151.

69 F. SANTPONÇ: «Croquis de la nueva bomba de vapor de doble efecto», ms. 3 fols. [sin fecha, pero de 1805]. Se menciona que se está construyendo la máquina "grande". Archivo familiar Santponç, colección particular, Olot. Reproducido en J. AGUSTÍ, *op. cit.*, 1983, pp. 179-183.



4.11. Detalle del "registro" del diseño de Betancourt. *En toda máquina de doble efecto debe haber un sistema que conduzca el vapor después de haber impulsado el émbolo en una dirección para empujarlo en la dirección contraria. El sistema ingeniado por Betancourt difiere del de Watt, cuya solución desconocía.*

> «La Figura segunda[70] manifiesta la forma exterior del registro, que consiste en una especie de conducto prolongado de bronce octágono en la parte exterior y circular o cilíndrico en la parte interior. Sobre el plano superior del octágono están colocados dos tubos A y B reunidos por medio de una zapatilla elíptica CC, ambos sirven para encaminar alternativamente el vapor a los tubos que lo conducen al cilindro principal, el primero A dirige el vaho a la parte inferior del émbolo y el segundo B a la parte superior. Sobre el plano lateral izquierdo se halla otro tubo que lleva una zapatilla circular E destinada a unirse por medio de roscas con la de uno de los ramales F del tubo de vapor. En el plano inferior del octágono hay dos tubos S y H que unidos por medio de zapatillas elípticas con los ramales del tubo I que conduce el vapor al refrigerante dan paso alternativamente a este fluido. En el plano lateral derecho del octágono hay también un tubo con zapatilla circular que recibe el vaho de uno de los ramales K del tubo del vapor.

[70] Agustí localizó unos dibujos que se corresponden con esta descripción. Ver figura 4.13.

> Conocida ya la disposición exterior del registro no será difícil entender la que se contiene en su parte interior. Una pieza cilíndrica del mismo metal ocupa no solamente toda la longitud del conducto expresado, si [¿sino?] que sobre sale en ambos extremos, en la parte superior lleva una especie de manubrio que facilita el movimiento de esta pieza en una cuarta de círculo, y en la parte posterior está dispuesta con una especie de cuñas muy suaves por cuyo medio se da al registro la disposición necesaria en todos sus conductos, a fin de que cada uno se ajuste perfectamente con el otro, sin discrepar en el menor ápice ni instante en las respectivas funciones a que están destinados. La ejecución y combinación de este registro exige artistas muy hábiles que trabajen con exactitud».

En el mismo texto detalla cuál es la función del registro:

> «Por medio de este registro se ha conseguido despejar la bomba de vapor de doble efecto de todas las válvulas que servían para la introducción alternativa del vapor desde el tubo que sale del alambique a los espacios y cilindros menores, y desde éstos al cilindro principal, y de las que servían para el paso del mismo fluido desde éste al refrigerante. Queda de este modo la nueva máquina aligerada del sistema complicado de infinito número de piezas que servían para transmitir el movimiento a las válvulas expresadas. Queda libre de los juegos de reguladores que hacían jugar estas piezas de difícil y delicada construcción, y de las correderas compuestas y difícilmente combinadas que servían de motor a todo el sistema expresado».

Santponç podía concluir:

> «El registro sobredicho combinado y calculado con exactitud por el Autor, y ejecutado con perfección por Artistas inteligentes, movido por una sola corredera sencilla, y una sola válvula que juega por sí misma en el refrigerante, substituyen completamente en la nueva bomba de vapor y por todo aquel aparato engorroso que pasaba por necesario en las máquinas de doble efecto. Quien esté instruido en la teoría y práctica de las bombas de fuego, y conozca a fondo las funciones a que está destinada cada una de las válvulas que entran en la composición de semejantes máquinas de vapor, no pondrá duda en que los efectos de todas ellas se hayan podido suplir por el sencillo medio de un solo registro general; particularmente si atiende a que no es imposible distribuir el vaho desde un solo punto y hacerle tomar oportunamente los destinos conducentes. El Autor se atrevió a emprender este nuevo género de construcción sin contar con válvula alguna, bien asegurado de antemano por experimentos de que el vapor del agua no pierde tan pronto como comúnmente se cree la fuerza de expansión; y le convence el ver que en las primitivas bombas de vapor se miraba por condición necesaria que el cilindro mayor estuviese colocado inmediatamente sobre la cúpula del alambique, y en el día llegan ya a colocarse estas dos partes principales de la máquina en piezas separadas del mismo edificio».

Santponç contó con la colaboración de cuatro artesanos que menciona en su memoria. Se trataba de Ignasi March, «arquitecto», que se ocupó de la construcción del hornillo económico[71]; Francesc Coromina, cerrajero, que fabricó diferentes piezas de

---

71 *Gaceta*, núm. 62, sábado 3 de agosto de 1805. Una copia manuscrita de esta noticia se encuentra en el archivo familiar Santponç, colección particular, Olot.

hierro; Antoni Pujades, carpintero, que ideó, según algunas fuentes, una llave de doble paso; y Joan Pau Peradejordi, calderero, que construyó la caldera, «vasos de alambre», y la inflexión de tubos.

En el caso de la llave de doble paso de Pujadas, hemos detectado un cierto conflicto. Entre los papeles de Santponç hay una copia manuscrita de la *Gaceta* de agosto de 1805 a la cual se ha añadido una nota descalificando la supuesta innovación:

> «El sujeto que compuso este artículo de gaceta no omitió nada de cuanto podía hacer brillar el mérito de los Artistas, en particular el del Carpintero Pujadas, a quien parece se deseaba con empeño atribuirle el mérito de inventor de la llave de paso que está en la bomba de fuego. Para condescender a estos deseos fue preciso valerse de un modo figurado diciendo, *se distinguió en idear una llave de paso de particular disposición* porque sin faltar a la verdad no podía decirse *de particular invención* respecto de la tal llave es sacada del tomo segundo de la Arquitectura Hidráulica de Belidor libro cuarto, capítulo primero, páginas 240 y siguientes, láminas 1, 2, 3 y 4.
>
> Belidor publicó esta llave de paso con el título de *Robinet tribranche*.
>
> El Director no ha hecho más que disimular este plagio, pero nunca ha pretendido tener parte en él porque podía ofuscarle el verdadero mérito que tiene en la Dirección de la nueva bomba».

En la memoria, destinada a difundirse ampliamente, no encontramos acusaciones como ésta, pero sí un comentario que trasluce las tensiones, aunque en un tono que podemos calificar como profesoral:

> «A veces, no limitándose los Artistas a la mera ejecución meditaban, combinaban, y me proponían variar o dar otra forma a alguna de las piezas de la nueva máquina, o porque la consideraban más fácil de ejecutar, o porque creían que había de resultar más proporcionada al intento, o menos costosa. Yo me complacía al ver que estos Artistas aplicados se iban instruyendo en los pormenores y delicadezas de una máquina cuyo conjunto de partes es muy difícil de realizar y de ordenar con las debidas proporciones. En una ocasión se animaron a proponerme que podría ejecutarse en la máquina cierta variación substancial que habían pensado, creyendo equivocadamente que estaría a su arbitrio usar de la fuerza expansiva del vapor en el grado que les pareciese y, estando en este concepto, proyectaron aligerar la máquina, suprimiendo en ella todas las partes concernientes al refrigerante y me manifestaron el modo que habían discurrido para ensayarlo en el modelo».

Los artesanos propusieron, en realidad, una máquina Newcomen. Santponç les hubo de convencer de que eso no era una mejora de la máquina, sino todo lo contrario. Seguía diciendo:

> «No pude dejar de contestarles que aunque me habían oído decir alguna vez que el Marqués de Worcester llegó a reventar un cañón de hierro con la sola fuerza del vapor, no debían apoyar en este hecho sus ideas porque semejante efecto extraordinario de la dilatación del vapor de agua sólo pudo conseguirse por medio de un fuego continuo de 24 horas, y estando el cañón cerrado herméticamente».

Por estas razones, no consideró necesario realizar el ensayo que proponían. Pero como los artesanos no estaban satisfechos, accedió a ensayar su propuesta y, según Santponç, enseguida se vio que no funcionaba.

El mismo autor menciona algunos de los resultados de los diseños que se proponían mejorar el rendimiento, como, por ejemplo, el estudio de las características del quemador "económico", siguiendo el modelo del conde de Rumford. También realizó un nuevo diseño de la caldera.

Las pruebas del modelo tuvieron una repercusión pública apreciable, hasta el punto de que el intendente del Ejército y del Principado, Blas de Aranza y Doyle[72], visitó la fábrica e informó a sus superiores, los cuales pidieron que Santponç redactara una memoria para que la experiencia se difundiera en España. En poco tiempo, en el mismo verano de 1805, éste había compuesto la parte "histórica" de la memoria (hasta el apartado 20). Cuando concluyeron los trabajos de la máquina "grande", acabó la segunda parte y la envió a Madrid. Desgraciadamente, no se imprimió antes de mayo de 1808, y, según pudo comprobar en 1816, tanto los originales como el interés por hacer la publicación se habían perdido[73].

III.3. La máquina "grande"

Tras el éxito de los ensayos con el modelo o máquina pequeña, Ramon financió la preparación de otra a tamaño "grande" que Santponç describe muy detalladamente en la segunda parte de la memoria. A pesar de que Agustí considera que fue una construcción completamente nueva, nos inclinamos a pensar que la "grande" fue resultado de adaptar a la primera los nuevos mecanismos que la convertían en una de doble efecto. Como hemos indicado, Santponç dice que Ramon estuvo de acuerdo en que construyera una máquina para ensayar, porque después esta pequeña podría ser destinada a «usos domésticos» y «servir de modelo para arreglar la grande a la nueva construcción en el caso de resultar ventajosa»[74].

Para nosotros, «arreglar la grande a la nueva construcción» sería adaptar la primera. Como hemos dicho, tenía que ser una máquina de Watt atmosférica; con los nuevos mecanismos, se convirtió en una máquina "de registro", es decir, una de doble efecto.

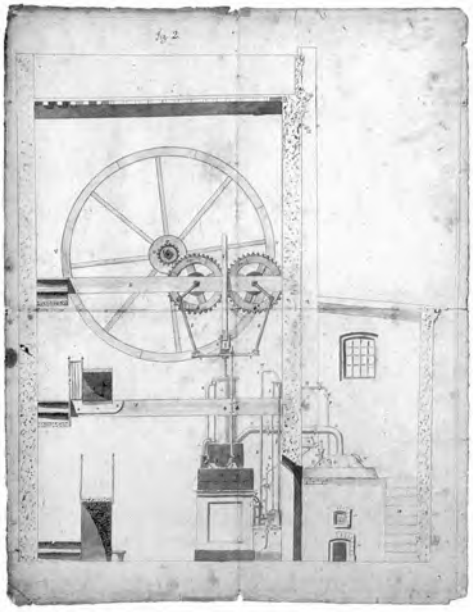
---

72 F. SANTPONÇ: «Noticia...», apartado 20, en J. AGUSTÍ, *op. cit.*, 1983, p. 151.

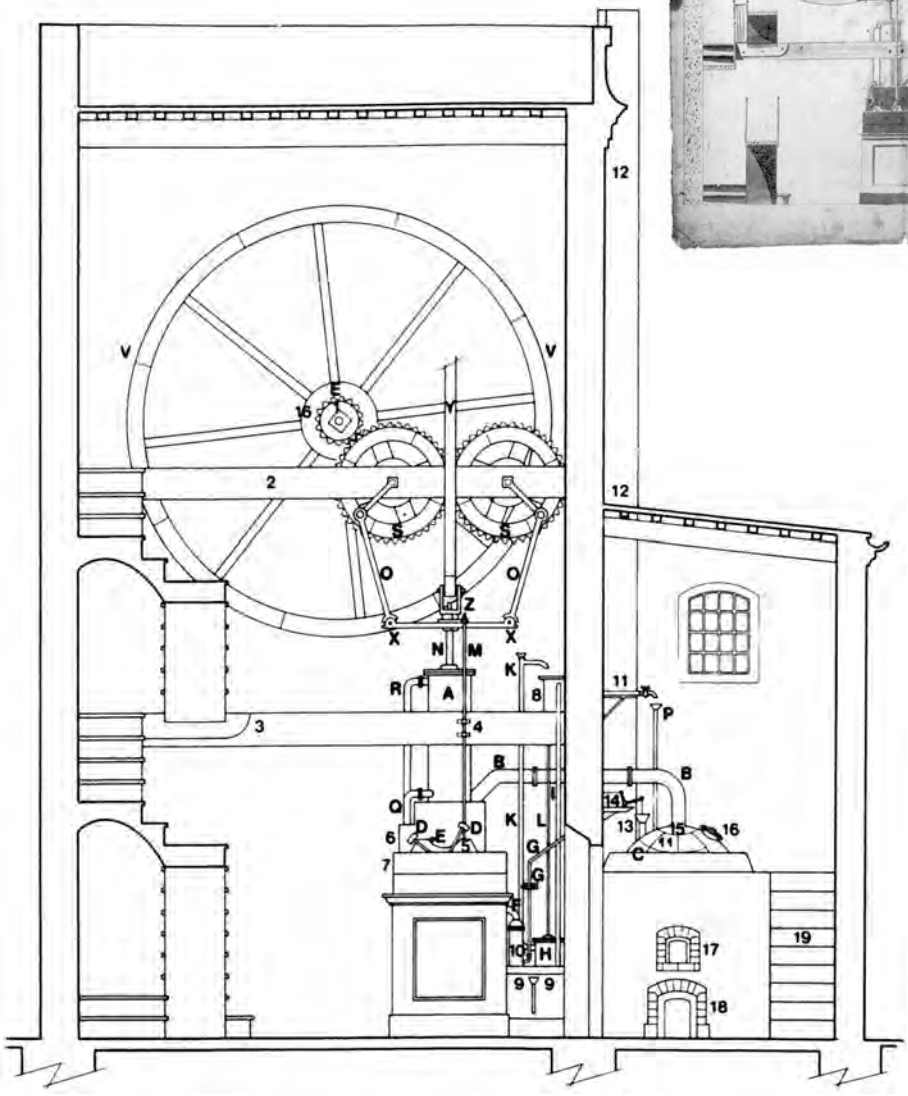
73 El ministro comunicó a Santponç en diciembre de 1815 que los originales de su memoria depositados en la Imprenta Real no se encontraban. F. SANTPONÇ, «Noticia sucinta del origen y progresos de la máquina de vapor», *Memorias de Agricultura y Artes*, vol. III, septiembre 1816, p. 130. Un manuscrito ha permanecido en el archivo de la familia Santponç, custodiado por el abogado Pere Bassil. Su sobrina, Carlota Bassil, estudiante de Historia de la medicina hacia 1980, lo puso a disposición de su profesor, Jordi Cucurrull, el cual lo ofreció a su colega de departamento en aquella época, Jaume Agustí, que realizó el estudio y edición del manuscrito.

74 F. SANTPONÇ: «Noticia...», apartado 4, en J. AGUSTÍ, *op. cit.*, 1983, p. 145.

Dibujo original, 1806



Esquema reproducido de
AGUSTÍ CULLELL, 1983 (p. 129).



4.12. Plano de la máquina "grande" de Santponç

Explicación del alzado de la máquina de registro contenido en la memoria de Santponç. El plano no se conserva junto con la memoria y fue localizado por Jaume Agustí en la Real Academia de Medicina de Barcelona.

A la derecha se observa la caldera donde se genera el vapor que se introduce en el émbolo a través del tubo B. La disposición del émbolo, en el centro de la imagen, es vertical, como eran todas las primeras máquinas de doble efecto, a pesar de que no fuese una máquina atmosférica. Destaca el gran volante de inercia, destinado a conseguir una mayor regularidad del funcionamiento de la máquina. El número 10 es el refrigerante, al lado del cual se encuentra la bomba de agua H. En 5 y 6 figura el registro diseñado por Santponç, que "recoge" el vapor de la parte superior y lo inyecta en la inferior del émbolo.

«La figura presenta la máquina colocada dentro del edificio [...].
A. [...] Cilindro principal.
B, B. Tubo que conduce el vapor desde el alambique al cilindro principal.
C. Cúpula del alambique.
D, D. Contrapesos que sirven para vencer la resistencia del manubrio del registro.
E. Manubrio del registro.
F. Paso del vapor al refrigerante.
G. Paso del agua de inyección al refrigerante.
H. Bomba neumática.
I. Tubo de desagüe del sobrante de la inyección.
K, K. Tubo por donde sube el agua sobrante de la inyección.
L. Vara del émbolo de la bomba neumática.
M. Corredera.
N. Vara del émbolo del cilindro principal.
O, O. Brazos de hierro que comunican el movimiento a los manubrios de las dos ruedas dentadas S, S.
P. Tubo que restituye al alambique la cantidad de agua necesaria, conocido con el nombre de tubo nutridor.
Q. Tubo que conduce el vapor desde el registro a la parte inferior del émbolo del cilindro principal.
R. Tubo que conduce el vapor desde el registro a la parte superior del émbolo.
S, S. Ruedas dentadas que engranan entre sí y con el piñón del volante.
T. Piñón del volante.
V, V. Volante.
X, X. Pieza de hierro que, enfilada por la vara del émbolo, forma cruz y tiene sus extremos unidos a manera de goznes con los brazos O, O.
Y. Pieza de madera que comunica el movimiento a las palancas que mueven las bombas.
Z. Pieza de hierro que une el extremo de la vara del émbolo N con la pieza de madera Y.
1. Corte del eje del volante.
2. Viga que sostiene los ejes de las ruedas dentadas por su parte anterior.
3. Una de las dos vigas que sujetan el cilindro principal.
4. Anillos de guía por donde pasa la corredera.
5. Pieza de madera cortada por su parte superior en forma de media luna, [que] sirve para limitar el espacio en que debe girar el manubrio F del registro.
6. Caja que encierra la parte del registro y da paso a los tubos Q y R del mismo.
7. Caja de madera en que están colocados los puntos de rotación donde juegan los contrapesos y el manubrio del registro.
8. Receptáculo destinado a recibir el agua sobrante de la inyección que sube por el tubo K.
9, 9. Otro receptáculo en que está colocado el refrigerante 10 y la bomba neumática H.
10. Refrigerante.
11. Tubo de paso por donde se dirige la porción de agua del receptáculo 8 al tubo nutridor P.
12,12. Cañón de la chimenea.
13. Porción de tubo que lleva un vaso que contiene la válvula llamada de seguridad.
14. Juego por cuyo medio se facilita el poder abrir la válvula de seguridad desde la estancia en que se halla colocado el cilindro principal.
15. Tubos de prueba.
16. Orificio de inspección.
17. Puerta del hogar.
18. Puerta del cenicero.
19. Escalera para subir cuando se necesita maniobrar en la cabeza del alambique.»

Agustí localizó los planos adjuntos a la memoria en la Real Academia de Medicina de Barcelona[75]. El ejemplar conservado en el archivo familiar de Santponç consiste únicamente en el texto. Los planos, junto con las explicaciones de la memoria, dan una información muy detallada de cómo resultó la máquina grande. Agustí fue capaz de rehacer estos planos e incluso de establecer una escala, que no aparecía explícita en ellos.

La segunda parte de la memoria describe las partes de la máquina. Empieza por el alambique de cobre, es decir, la caldera donde se forma el vapor. Dedica un comentario muy extenso al diseño del hornillo, una de las novedades, en el que intervino Ignacio March. El diseño de la forma del alambique ocupa igualmente un largo comentario, aunque, según dice, recoge el de las máquinas clásicas. Santponç destaca la intervención de Ramon, que «dispuso que se colocasen ciertos conductos que teniendo comunicación con el espiral pudiesen cerrarse herméticamente y abrirse cuando se necesitase descargarlo del hollín y limpiarlo»[76].

Hemos trascrito algunos párrafos de una descripción del registro, aunque en la memoria quizás sea más detallada[77]. A continuación, explica cuál es el funcionamiento de su registro, es decir, de qué manera conduce alternativamente el vapor de agua a un extremo y otro del émbolo. Luego describe el cilindro, cuya tapa superior, vara y émbolo deben estar construidos con mucha precisión. Santponç y sus artesanos idearon una forma de terminar el émbolo con estopa, necesaria para garantizar el ajuste al cilindro, de manera que fuese sencilla la reposición de la estopa perdida por desgaste[78].

Por lo que se refiere al refrigerante o condensador, es un cilindro de cobre donde se condensa el vapor gracias a un surtidor de agua fría. Debe disponerse de una bomba neumática para vaciar el agua que resulta de la condensación del vapor[79]. Según Santponç, en las máquinas de Watt los condensadores suelen estar sumergidos en agua. Él ha decidido usar la inyección de agua fría porque mejora el rendimiento del proceso[80].

A continuación, describe las partes complementarias de tipo mecánico, los contrapesos, la corredera, distintas piezas de transmisión y el engranaje de ruedas dentadas. Santponç suprimió el balancín y conectó el pistón con un volante de inercia, a tra-

75 Comunicación personal de J. Agustí, *h.* 1980. Recientemente (verano de 2004), en el Archivo de la Academia de Medicina de Barcelona no se localizan los planos de Santponç, lo cual convierte transitoriamente la publicación de Agustí en una fuente primaria.

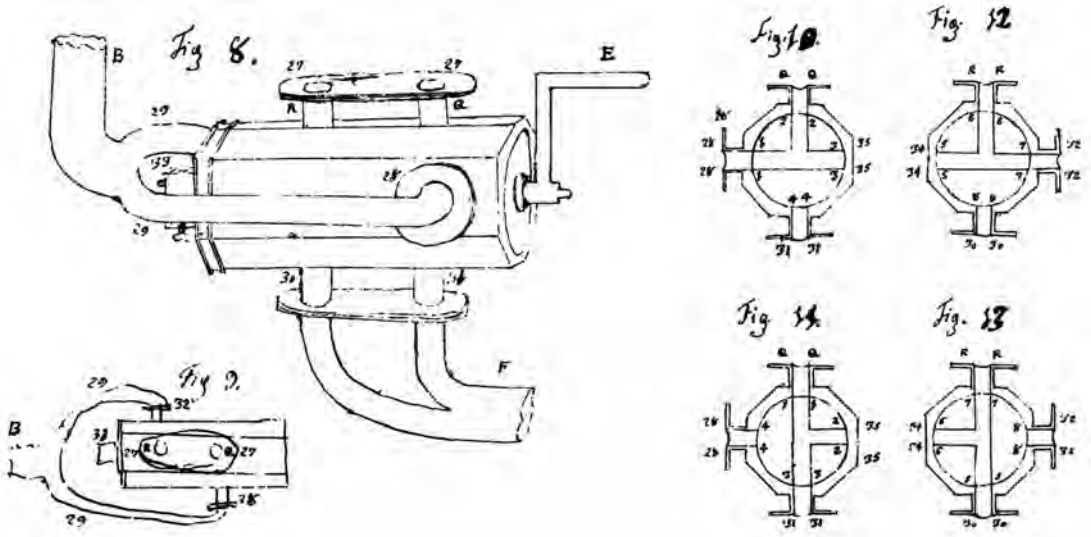
76 F. SANTPONÇ: «Noticia...», apartado 27, en J. AGUSTÍ, *op. cit.*, 1983, p. 157.

77 F. SANTPONÇ: «Noticia...», apartados 34 a 43, en J. AGUSTÍ, *op. cit.*, 1983, pp. 160-165.

78 F. SANTPONÇ: «Noticia...», apartados 49 a 51, en J. AGUSTÍ, *op. cit.*, 1983, p. 167.

79 F. SANTPONÇ: «Noticia...», apartados 49 a 51, en J. AGUSTÍ, *op. cit.*, 1983, pp. 167-169.

80 F. SANTPONÇ: «Noticia...», apartados 65 a 67, en J. AGUSTÍ, *op. cit.*, 1983, pp. 172-173.



4.13. Detalles del registro de la máquina de Santponç.
El registro de Santponç tenía forma octogonal, con cuatro conexiones: dos tubos para la salida del vapor, uno a cada extremo del émbolo, y dos tubos más, conectados con el refrigerante. En el interior del registro se encontraba una pieza metálica maciza capaz de conducir alternativamente el vapor por los distintos sistemas de tubos. Se reproduce el apartado 35 de la memoria de Santponç, donde describe exteriormente su registro.
«La forma exterior del registro consiste en la de una especie de conducto prolongado octágono, [que] se manifiesta en su parte externa como compuesto de ocho superficies planas quadrilongas unidas sucesivamente unas con otras por sus mayores lados y en su parte interior y cóncava es cilíndrico. En el plano superior del octágono (Figura 8) están colocados dos tubos Q y R unidos por medio de una zapatilla de bronce de figura casi elíptica 27,27; sirve uno y otro para encaminar el vapor a los tubos que lo conducen alternativamente dentro del cilindro principal. Por el primero Q se dirige el vaho a la parte del cilindro inferior al émbolo y por el segundo R se dirige a la parte superior del mismo émbolo. Sobre el plano lateral del registro que cae a la izquierda hay otro tubo que lleva una corona o zapatilla circular 28 destinada a unirse por medio de tornillos con la que está al extremo de uno de los ramales 29 del tubo B del vapor. El plano inferior del octágono tiene también dos tubos 30 y 31 que, ajustados por medio de zapatillas elípticas con los ramales del tubo F que es el que conduce el vapor al refrigerante, sirven para dar paso a este fluido alternando por turno. En el plano lateral derecho del octágono está fijado otro tubo 32, que remata con corona como la que está señalada por 28, destinado a recibir el vaho de uno de los ramales 29 del conducto del vapor B. La Figura 9 sirve también para hacer ver la disposición de los expresados conductos señalados con las mismas letras y cifras.»

vés de una serie de engranajes[81]. Después, explica con detalle la puesta en marcha y el funcionamiento de la máquina. A pesar de que estaba preparada para transmitir movimiento mecánico, se hallaba conectada a dos bombas de agua para mover una rueda hidráulica. Al final de la memoria, Santponç da la única medida de una pieza, el

81 F. SANTPONÇ: «Noticia...», apartado 57, en J. AGUSTÍ, *op. cit.*, 1983, p. 170.

diámetro interior del cilindro, donde se mueve el émbolo o pistón, que mide 15 pulgadas y $^1/_4$, esto es, 35,6 cm[82]. Con este dato, y gracias a los planos, Agustí recalculó las medidas principales de la máquina grande[83]:

Diámetro interior del cilindro	35,6 cm
Longitud del cilindro	114 cm
Carrera del émbolo	108 cm
Diámetro del volante	356 cm
Velocidad del émbolo	15 a 20 rev./min

III.4. Repercusión pública. Balance de la experiencia

Las experiencias en la fábrica de Ramon llamaron la atención pública de Barcelona y, como se ha indicado, el intendente general la visitó. No obstante, todo indica que la máquina de registro funcionó de manera irregular, entre otras razones, según Agustí, a causa de la escasez y alto precio del carbón. Se usó únicamente para bombear agua y mover una o más ruedas hidráulicas. Agustí se pregunta por qué Jacint Ramon no utilizó su máquina para mover directamente las de cardar o hilar, e insinúa que tenía que ser «poco rentable», pero no tiene en cuenta que ese tipo de aplicación hidráulica fue muy común incluso en Inglaterra[84]. De hecho, las de cardar y las de hilar necesitaban un movimiento muy regular, que las primeras máquinas de vapor no conseguían y sí lo hacían las ruedas hidráulicas, que eran bien conocidas. Ésta fue, sin duda, la razón por la que la máquina de Barcelona se usó de esta manera. Reflexionando un poco, se entiende que una nueva tecnología como el vapor, en proceso de mejora, se usara para potenciar un sistema conocido y de rendimiento óptimo, como la rueda hidráulica. En realidad, la historia de la técnica está llena de ejemplos de cómo los grandes avances son el resultado de un proceso de pequeños avances que se acumulan.

La actividad de la fábrica de Jacint Ramon se interrumpió en 1808, con el estallido de la guerra de la Independencia, y después, al parecer, la máquina de vapor no fue puesta en funcionamiento. Probablemente acabó en el desguace y sus materiales se debieron de aprovechar para otros usos.

Cuando los Bonaplata, Vilaregut y Rull formaron su compañía en 1832, que incorporaría una máquina de vapor al año siguiente, se sintieron pioneros en la utili-

82 Seguimos la estimación de J. AGUSTÍ, *op. cit.*, 1983, es decir, 1 pulgada = 2,33 cm.

83 J. AGUSTÍ, *op. cit.*, 1983, p. 130. También incluye estimaciones del funcionamiento térmico de la máquina.

84 Ver, por ejemplo, R. L. HILLS, 1989, p. 49. Refleja el debate hacia 1790 en Inglaterra sobre el rendimiento de las máquinas de vapor, que había que complementar con el de las ruedas hidráulicas a las que alimentaban.

zación de esta fuente de energía[85]. Parece que, en menos de veinticinco años, la experiencia de Ramon y Santponç estaba olvidada. Agustí especula sobre diferencias entre ellos dos, según una carta del vicepresidente de la Real Academia de Ciencias y Artes a Santponç[86]. Ramon habría informado negativamente del rendimiento de la máquina en su fábrica. Sin embargo, la carta puede datarse en el verano de 1805 y, por lo tanto, el vicepresidente de la Academia se refiere a críticas de los ensayos de la máquina, y no a su funcionamiento en la fábrica.

Por otro lado, en la nueva etapa de la máquina de vapor apareció muy pronto el "luddismo", con el cual hay que relacionar el incendio de la fábrica Bonaplata y de otras muchas en las llamadas "bullangas" de 1835. Como señala Thomson, no hay indicios de "luddismo" en la época de la máquina de Santponç, a pesar de que esta reacción obrera ya tenía una presencia muy importante en otras zonas industriales europeas, singularmente en Inglaterra, donde nació el movimiento[87].

Comparemos, brevemente, la experiencia de Santponç y Ramon con la instalación de otras máquinas de vapor en España, tal como ha sido estudiada por Helguera y Torrejón[88]. Lo que distingue la experiencia de Barcelona es, en primer lugar, su completa independencia de los organismos oficiales, a pesar de que éstos estaban dispuestos a darla a conocer. En segundo lugar, como Santponç insistía en sus escritos, la construcción de las máquinas de Barcelona fue completamente española, sin intervención de técnicos extranjeros. Esto fue posible porque se dio en Barcelona una combinación adecuada entre saber artesano, saber científico e iniciativa empresarial. Incluso la referencia de Santponç había sido la máquina de doble efecto diseñada por Betancourt. En tercer lugar, el proyecto de Santponç y Ramon es el primero que funcionó en una fábrica. Sólo uno de los proyectos anteriores se refería a una fábrica de harina en Cádiz hacia 1790, pero no llegó a cuajar.

Un resultado de la experiencia de la máquina de vapor fue la creación de la cátedra de mecánica de la Junta de Comercio. En realidad, Santponç estaba en esos años buscando una posición como profesor, probablemente para compensar que abandonaba o quería abandonar el ejercicio de la medicina[89]. Fue profesor de matemáticas en la Real Academia de Ciencias y Artes durante un breve periodo de 1804, susti-

---

85 Ver J. NADAL: *El fracaso de la revolución industrial en España, 1814-1913*, Ariel, Barcelona, 1975.

86 J. AGUSTÍ, *op. cit*., 1983, p. 121.

87 J. K. J. THOMSON, *op. cit.,* 2003.

88 J. HELGUERA QUIJADA y J. TORREJÓN CHAVES: «La introducción de la máquina de vapor», en *Historia de la Tecnología en España*, Valatenea, Barcelona, 2001, vol. I, pp. 241-252.

89 Al parecer, no había conseguido una cátedra de medicina clínica de la Academia Médico Práctica. Jaume AGUSTÍ CULLELL: «L'escola de mecànica de la Junta de Comerç», en S. GARMA (ed.): *El científico español ante su historia. La ciencia en España, 1750-1850*, Diputación Provincial de Madrid, Madrid, 1980, p. 159.

tuyendo a Francesc Bell, que falleció muy pronto. En su plan de trabajo, Santponç afirmaba que la enseñanza de las matemáticas debía comprender la estática y la hidrostática, disciplinas imprescindibles para enfrentarse con los nuevos retos de la industria, la agricultura y el comercio. Como explica Francesc Barca, cuando falleció Francesc Bell, Santponç no continuó sino que fueron elegidos dos profesores para cubrir la vacante, Agustí Canelles e Isidre Gallarda[90].

III.5. La enseñanza de la mecánica

Barca explicó la renuncia de Santponç a la cátedra de matemáticas en el verano de 1804 por el hecho de su implicación en la construcción de la máquina de vapor. Sin embargo, un *Bosquejo de plan de enseñanza* que Santponç presentó al marqués de Monistrol, vicepresidente de la Academia, el 9 de agosto de ese año, nos permite dar otra explicación[91]: no continuó en aquella cátedra porque surgió la posibilidad de crear una nueva cátedra de mecánica. En efecto, Santponç encabeza su texto diciendo:

> «Muy Sr. Mío, Satisfaciendo a la insinuación de VS del deseo de ver en un plan lo que convendría en este País para una enseñanza de estática e hidrostática, me tomo la libertad de dirigir a VS el bosquejo que he formado con la idea de que sea proporcionado a la inteligencia de los Artistas, Fabricantes y Hacendados, que resulte por lo mismo despejado de toda precisión de cálculos matemáticos sublimes».

Insiste en la necesidad de explicar mecánica de manera accesible a personas sin formación científica, a base de utilizar modelos y representaciones, es decir, haciendo una enseñanza práctica y empírica. Santponç afirma que «no se trata de formar Newtones, sino Artistas, Fabricantes y Hacendados útiles que puedan discurrir con solidez y fundamento y que no se expongan a sí mismos ni a otros a gastos inútiles en empresas de maquinaria poco meditadas». Por lo que se refiere a los contenidos, propone que se explique la mecánica de sólidos y los principios de hidrodinámica, haciendo hincapié en una de sus aplicaciones, la máquina de vapor. Por lo que se refiere a la organización mínima, la cátedra necesita un profesor, un maquinista y un gabinete con modelos y dibujos de máquinas. Dice que tiene traducida una obra elemental del abad Sauri, que no ha publicado debido al alto coste de las láminas y que, por tanto, ha decidido rehacerlas.

---

90 Francesc X. BARCA SALOM: «La Càtedra de Matemàtiques de la Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona (1766-1870). Més de cent anys de docència de les matemàtiques», en Víctor NAVARRO *et alii* (coords.): *II Trobades d'Història de la Ciència i de la Tècnica,* Societat Catalana d'Història de la Ciència i de la Tècnica, Barcelona, 1993, pp. 91-105.

91 F. SANTPONÇ: *Bosquejo de un plan de Estática e Hidrodinámica, proporcionado a la inteligencia de los Artistas, Fabricantes y Hacendados*, ms., 3 fols., Barcelona, 9 de agosto de 1804. Archivo familiar Santponç, colección particular, Olot.

Un año más tarde retomó la propuesta, ampliándola un poco y dirigiéndola a la Junta de Comercio[92]. El Plan de 1805 desarrolla el *Bosquejo* del año anterior, aprovechando y matizando el texto. Ahora, por ejemplo, considera que la enseñanza de la mecánica puede tener lugar en la Lonja, junto al gabinete de máquinas inaugurado en 1804, tal como explicamos a continuación. Hay alguna otra variación digna de mención, como la referencia a lo que se debe explicar sobre los avances en la máquina de vapor, que consisten en las mejoras introducidas por el director de estática de la Real Academia de Ciencias, es decir... ¡por él mismo!

Este plan fue, probablemente, el que dio paso a la creación de la cátedra. La Junta Central de Comercio la aprobó en marzo de 1806, asignando 8.000 reales para el salario anual del catedrático y permitiendo la utilización de los locales de la Academia[93].

III.5.1. El Gabinete de Máquinas de la Junta

Desde su creación, la Junta de Comercio de Cataluña había demostrado su interés por la mecánica y las nuevas técnicas. En 1804 había organizado un Gabinete de Máquinas[94]; ya un año antes, se había constituido una comisión para encontrar un local adecuado para instalarlo. No debe extrañar que surgiera la iniciativa de crear un Gabinete, ya que la Junta era muy activa en el terreno técnico. Hemos dicho que era requerida a menudo para informar técnicamente y había comisionado a varias personas para conocer en Europa las últimas novedades en distintos campos industriales. La formación de un Gabinete de Máquinas podía ser un cauce natural para el estudio y difusión de las nuevas tecnologías.

En la Academia de Ciencias y Artes de Barcelona había una preocupación paralela. De hecho, desde 1775 había incorporado una figura bastante singular, la del académico "artista". Su primer representante fue el tornero y constructor de instrumentos científicos Joan González i Figueras[95].

Gaietà Faralt, herrero y cerrajero de la Lonja, donde estaba radicada la Junta, era académico artista desde 1787. En 1804 le fue concedida una pensión para visitar el Gabinete de Máquinas del palacio del Buen Retiro de Madrid. Allí realizó copias de

---

92 F. SANTPONÇ: *Plan para una enseñanza de Estática y de Hidrodinámica, proporcionada a la inteligencia de los Artistas, Fabricantes y Hacendados*, ms., 6 fols., 1805. Archivo familiar Santponç, colección particular, Olot.

93 J. AGUSTÍ, *op. cit*., 1980.

94 Carles PUIG PLA: «L'establiment dels cursos de mecànica a l'Escola industrial de Barcelona (1851-1852). Precedents, professors i alumnes inicials», *Quaderns d'Història de l'Enginyeria,* vol. I, 1996, pp. 132-134.

95 Carles PUIG PLA: «Els primers socis artistes de la Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona (1764-1824)», en A. NIETO GALÁN y A. ROCA ROSELL (coords.), *op. cit.,* 2000, pp. 287-309; Carles PUIG PLA: «From the Academic Endorsement of the Mechanical Arts to the Introduction of the Teaching of Machinery in Catalonia», *ICON,* 5, 1999, pp. 20-39.

diseños de algunas piezas, y con ello se abrió el Gabinete de la Junta. Por otro lado, esta institución adquirió modelos y máquinas, algunas de ellas a través de sus pensionados en París. En el *Diario de Barcelona* del 1 de abril de 1805 se publicó la presentación del Gabinete:

> «Para que sin gasto alguno para ellos, tengan conocimiento los Artistas de varias Máquinas muy en analogía con nuestra industria, y puedan con esto usarlas en adelantamiento propio y de la fabricación en general; se han colocado en una pieza de la casa Lonja, por disposición de la Real Junta de Comercio, modelos o diseños de las mejores de esta clase, de que se tiene noticia en el Reino, y se les reunirán otras a medida que se adquieran; pues aunque interesante ya la colección, medita la Junta hacerla más extensa [...]. Concurrirá el Maquinista D. Cayetano Faralt, Académico de la Real Academia de Ciencias Naturales y Artes de esta ciudad, para las explicaciones correspondientes en orden a estas Máquinas y sus efectos, no sólo a los artistas, sino aun a los curiosos; y será facultativo a todos sacar copia»[96].

Durante dos horas los lunes, jueves y sábados, Faralt hacía una visita con explicaciones al Gabinete. Esta institución de enseñanza práctica y visual –"museística", diríamos ahora– era realmente pionera. Hay que advertir que el Real Gabinete de Máquinas de Madrid, promovido por Agustín de Betancourt y a cargo de Juan López de Peñalver, fue el primero abierto al público en el mundo[97]. Recordemos que se inauguró en 1791, mientras que la entidad que había de convertirse en modelo internacional, el Conservatoire d'Arts et Métiers de París, no fue creado hasta 1794 y abierto al público unos años después.

III.5.2. Inicio de la Escuela

Santponç leyó el discurso inaugural de la Escuela el 1 de octubre de 1807[98]. El local escogido fue finalmente la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona, que puso su Gabinete a disposición del profesor y que la Junta de Comercio se cuidó de completar en lo sucesivo.

Este acto debió de servir para convocar a los estudiantes. En efecto, se abrió la matrícula el 15 de diciembre de 1807 y hasta el día 30 se habían matriculado 10 alumnos. El 2 de enero de 1808 empezaron las clases, y, como muestra del interés que despertaron, hasta final de mes se inscribieron más alumnos hasta llegar a 109, y aún se matricularon dos más el 24 y 25 de marzo[99]. Sabemos sus nombres y lugares de pro-

---

96 Reproducido en Carles PUIG PLA, *op. cit.*, 1996, p. 133.

97 Antonio RUMEU DE ARMAS: *El Real Gabinete de Máquinas del Buen Retiro. Origen, fundación y vicisitudes. Una empresa técnica de Agustín de Betancourt,* Castalia, Fundación Juanelo Turriano y Patrimonio Nacional, Madrid, 1990.

98 F. SANTPONÇ, *op. cit.*, 1813.

99 *Quaderno en que están notados los alumnos que se han matriculado para seguir el curso de mecánica que a expensas de la Real Junta de Comercio de Barcelona se abre el 2 de enero de 1808,* ms., 38 fols. Archivo familiar Santponç, colección particular, Olot.

cedencia[100]; como era de esperar, la gran mayoría residía en Barcelona, pero la representación de otros catalanes y españoles era notable. La Escuela estaba pensada para los artesanos; y para ellos tradujo Santponç dos libros de texto, un tratado elemental de mecánica del abad Sauri y un manual igualmente elemental de geometría del P. Martin. Entregó un ejemplar de cada uno a la Academia de Ciencias en su junta del 13 de enero de 1808[101].

Todos los autores destacan que, además de artesanos, acudieron personas de otra condición, hacendados, profesionales o nobles. De nuevo vemos reflejada la complejidad de la sociedad catalana del momento y el interés que despertaban las cuestiones científicas y técnicas. La reciente experiencia con la máquina de vapor debió de ejercer una influencia suplementaria. La cifra de 111 alumnos no se repitió tras el primer año, pero el número de inscritos a partir de 1814 fue notable, en los cursos sucesivos se estabilizó en torno a los 35.

El primer curso de la escuela de mecánica fue muy breve, apenas si duró cinco meses. La guerra de la Independencia también alcanzó Barcelona en mayo de 1808 y se suspendieron las clases. Santponç se incorporó como médico al Ejército y estuvo movilizado hasta el final de la guerra.

III.5.3. Programa de los cursos

En 1813 Santponç estuvo en Cádiz, probablemente con su regimiento. Aprovechando aquella estancia, presentó en mayo un plan para establecer enseñanzas de mecánica en toda España. El texto tiene el doble interés de expresar su visión sobre la formación en esta materia y de ser un testimonio de la experiencia de los primeros meses de enseñanza en Barcelona. La presentación del plan –una instancia dirigida al secretario de Estado de Gobernación– dice lo siguiente[102]:

> «Presento a V.E. con el debido respeto el adjunto ensayo de establecimiento general de escuelas gratuitas de Mecánica para el pronto fomento de la Agricultura y de las Artes mediante abertura de canales, y otros objetos de utilidad común. La circunstancia de hallarme accidentalmente en esta ciudad, el puesto que ocupo en la Real Academia de Ciencias Naturales y Artes de Barcelona, y la de hallarme único Profesor público de la ciencia de que se trata por ser mi escuela la única de esa clase; me han inclinado a pensar que era mi obligación indicar mis ideas y mis deseos en un objeto de tanto interés para la Patria. Confiado únicamente en que éstos pueden hacer disimulables los defectos del conciso ensayo que tengo el honor de dirigir a V.E. estimaré a V.E. que si se trasluce en su contenido en alguna especie que pueda redundar en beneficio de la nación de lo que V.E. es bien conocedor se sirva elevarlo al supremo gobierno a fin de que se pueda hacer de ese plan el mérito que tenga por conveniente».

---

100 Ver el recuento global que hizo J. AGUSTÍ, *op. cit.*, 1980, pp. 166-167.

101 Las dos obras están catalogadas como si Santponç fuese su autor, ya que aparece en las portadas como la persona que las ha "publicado". F. SANTPONÇ: *Principios de Mecánica,* Barcelona [1808], 2 vols.; y *Elementos de Geometría*, Barcelona [1808].

102 F. SANTPONÇ: *Sobre el modo de establecer..., op. cit.*, 1813.

Nótese, en primer lugar, que la justificación de la enseñanza de la mecánica es «el pronto fomento de la Agricultura y de las Artes mediante abertura de canales, y otros objetos de utilidad común». Aquí vemos a un Santponç integrado en su época, en la que los canales representaban, por un lado, la posibilidad de la extensión del regadío y, por consiguiente, la modernización de la agricultura; pero, por otro lado, también un medio de comunicación y una fuente de energía mecánica. Hay que señalar, igualmente, que Santponç se presenta como "único" profesor de mecánica en España, cosa que podríamos matizar teniendo en cuenta que existía la Escuela de Canales y Caminos de Madrid, donde se enseñaba mecánica (lo hicieron Lanz y Betancourt). Sin embargo, la de Santponç sí era la única cátedra *pública* donde se impartía esta materia.

A continuación, tras una presentación de los antecedentes –fundamentalmente la experiencia de la máquina de vapor en la fábrica de Ramon–, Santponç expone lo que ha explicado el primer año en Barcelona, y lo que tiene previsto para el segundo. En suma, es lo siguiente:

- Primer año, *Mecánica de los cuerpos sólidos.*

  «De la extensión, figura, y de todas las propiedades físicas de los cuerpos. De las leyes del movimiento, ya simple, ya compuesto, directo o refracto, comunicación de movimiento y choques de cuerpos blandos o elásticos.

  Resistencia de medios, rozamientos, pesadez, centro de gravedad, fuerzas vivas, centrífugas, palancas, poleas, torno, caños, planos inclinados, roscas, máquinas compuestas, modo de buscar en ellas los momentos de fuerza, [aplicaciones de ganado como fuerza motriz][103], [...] con experimento, con demostraciones, y aplicaciones a máquinas que les ponía a la vista o en modelos o en diseños, y procuraba que fuesen de los que me hacía venir de París o de Londres sobre los nuevos inventos a fin de que de ese modo al paso que aprendiesen la mecánica tuviesen noticia de las nuevas invenciones y se aficionasen a ellas».

- Segundo año, *Mecánica de los cuerpos fluidos y líquidos.*

  «Su gravedad, sus presiones y equilibrio, fuerzas, descensos, saltos, corrientes. Las leyes [...] de los sólidos sumergidos en ellos, fluidez y gravedad del aire atmosférico y su resorte.

  Del aire en expansión y convertido en vapores y en una palabra todo cuanto hacía relación con la hidráulica, la hidrostática y la pneumática; y por consiguiente bombas, construcción y las reglas para las aberturas de canales, sus nivelaciones, construcciones de exclusas de agua y en seco, las nivelaciones y mediciones respectivas, especulativas y prácticas en el campo, y el modo de trasladarlo todo al papel por medio del diseño y del lavado».

En cuanto a la metodología, hay que recordar la orientación práctica de la enseñanza, con la participación de los estudiantes diseñando piezas y manejando mode-

[103] Añadido en el manuscrito.

los. El objetivo no era enseñar lo que hoy denominaríamos mecánica racional, sino conocimientos de los principios de la disciplina y los fundamentos de distintas máquinas[104].

III.5.4. Generalizar la enseñanza de la mecánica a toda España

Santponç proponía que todas las diputaciones provinciales crearan una escuela. Recuérdese que las diputaciones habían sido aprobadas por las Cortes de Cádiz pero no estaban establecidas todavía, y no lo serían hasta después de la muerte de Fernando VII, con la instauración del Estado liberal.

Para Santponç, la existencia de las diputaciones abría una oportunidad para impulsar esta enseñanza. Y da una nueva versión de su argumento:

> «Si no me equivoco, una enseñanza de Mecánica ha de ser el nervio de las Artes, el corazón de la Agricultura, la mano derecha de las sociedades económicas, y el calmante de las zozobras que a veces sentimos de si perdemos las Américas».

Él confiaba en la educación técnica para la renovación del país:

> «Cada curso de Mecánica, que se daría completo en dos años en todas las provincias, adelantaría la Nación por medio siglo, y cada dos de retardo en el establecimiento de estas escuelas pierde la nación igual tiempo. ¡Qué excelentes serían en lo sucesivo los Jefes Políticos, los Alcaldes constitucionales, y aun los mismos ayuntamientos si sus individuos se hallasen educados con esos principios! El hacendado que, para ocupar a su hijo, lo enviaba antes a la Universidad a estudiar aquello que llamaban filosofía, tendría en qué ocuparlo en utilidad de su país y de la Nación; pues que restituido a la casa de sus padres sabría pensar de qué modo se podría mejorar su hacienda, procurarse un canal, un riego o cosa semejante; si no se oyen ni se ven no se debe esperar que semejantes objetos de utilidad se propaguen por ideas innatas».

Santponç espera, quizás con ironía, que los dirigentes políticos del país mejoren si han tenido una formación en mecánica. Se ha podido observar la mención repetida a los canales. En el *Ensayo* hay una defensa a ultranza de los beneficios de su construcción; e incluso desmiente que los canales sean, como al parecer se decía, propagadores de epidemias. Como médico, da fe de que no es cierto.

El plan de Santponç fue olvidado tras la guerra de la Independencia. La Escuela de Barcelona reabrió sus puertas en 1814 y Santponç estuvo al frente de ella hasta su muerte en 1821. La Junta tuvo algunas dificultades en cubrir su plaza y durante una década las clases de mecánica no se dieron[105]. Finalmente, unificando la cátedra y el Gabinete de Máquinas, la enseñanza se reemprendió, para incorporarse en 1851 a la nueva Escuela Industrial barcelonesa.

---

104 En el archivo familiar Santponç existe un *Reglamento de enseñanza de mecánica completa*, esto es, de la mecánica racional, con orientación físico-matemática. No tenemos más datos por el momento, pero puede que sea un curso preparado para explicar en la Academia de Ciencias y Artes de Barcelona, pensando en personas con formación científica previa.

105 Carles PUIG PLA, *op. cit.*, 1996.

IV

Conclusiones

Tras este recorrido por el establecimiento de enseñanzas de química y mecánica en Cataluña llega el momento de recapitular. En primer lugar, parece claro que en la primera revolución industrial ya existía una conciencia firme de la necesidad de vincular ciencia, técnica e industria. En Barcelona, la enseñanza teórica y práctica de la química y de la mecánica surgió de una demanda generalizada en la sociedad o, por lo menos, en las personas implicadas en su movimiento económico. No es casual que los dos primeros profesores de estas materias fuesen médicos: esta profesión destacaba por su ambición de renovación y su compromiso social. Además, quizás el mundo de la medicina era el único que apreciaba el valor de la investigación. La química se estaba constituyendo como nueva disciplina, ahondando su vinculación con el ámbito agrícola e industrial; la mecánica emergía como una teorización de la práctica de construcción civil y de máquinas.

La Escuela de Mecánica estuvo directamente relacionada con la construcción de una máquina de vapor que operó brevemente en una fábrica textil de Barcelona. El proceso empezó con un intento fallido por parte de un fabricante –Jacint Ramon– que llevó a una consulta con la Academia de Ciencias y Artes de Barcelona. Santponç, a cargo de esta cuestión en la entidad, se prestó a realizar una. Hizo primero una atmosférica, pero no de Newcomen, como se ha dicho, sino probablemente de Watt. Las limitaciones de su funcionamiento llevaron a experimentar la construcción de una de doble efecto, según la tecnología que había dado a conocer Agustín de Betancourt. El empresario financió la fabricación de un modelo a escala, con el que probaron su funcionamiento. Después, la transformaron para disponerla como máquina de doble efecto. En la experimentación y en la construcción, Santponç dirigió un equipo de artesanos cuya intervención no fue meramente subordinada, tal como era de esperar en una región donde los artesanos tenían un papel muy destacado en el establecimiento de nuevas tecnologías en la industria y en el campo.

A pesar de que la máquina de vapor no tuvo un gran rendimiento en la fábrica, la experiencia reforzó la idea de impulsar la enseñanza de la mecánica, tal como el mismo Santponç había propuesto, por lo menos desde 1804. También la enseñanza de la química recibió una atención adecuada por parte de la sociedad catalana, por parte de artesanos y fabricantes, profesionales (médicos, cirujanos, farmacéuticos) y propietarios de industrias o de explotaciones agrícolas.

La química y la mecánica eran actividades de gran relieve en la industria y la agricultura. Su institucionalización académica abrió nuevas posibilidades, a partir del refuerzo mutuo de la ciencia y la técnica. En tal sentido, estas escuelas deben ser consideradas como uno de los escenarios en los que se forjó la ingeniería industrial en España. Teniendo en cuenta que, al ser creada por decreto en 1850, tuvo dificultades en consolidarse en todas las ciudades donde se instauró, excepto en Barcelona, pode-

mos concluir que las escuelas científicas de la Junta de Comercio crearon un fundamento sólido para la nueva profesionalización de la técnica. La ingeniería acabaría convirtiéndose a mediados del siglo XIX en la materialización de las vinculaciones entre los distintos saberes científicos y técnicos.

Carbonell y Santponç han sido considerados miembros del movimiento ilustrado español. Su actividad, que tuvo lugar en el tránsito entre los siglos XVIII y XIX, es algo tardía por lo que se refiere al período generalmente considerado de la Ilustración, pero merece ser incluida en él. Ambos creyeron en la ciencia como saber teórico y práctico, desarrollando campos relativamente nuevos en su época, con perspectivas muy buenas de aplicación a varios campos. Y ambos lograron la institucionalización de sus especialidades científicas, la primera en Cataluña y entre las primeras en España. Su proyecto de ciencia aplicada al bienestar de la humanidad ha ido materializándose en las generaciones siguientes.

BIBLIOGRAFÍA

AGUSTÍ CULLELL, Jaume: «L'escola de mecànica de la Junta de Comerç», en S. GARMA (ed.): *El científico español ante su historia. La ciencia en España 1750-1850*, Diputación Provincial de Madrid, Madrid, 1980, pp. 157-168.

—*Ciència i tècnica a Catalunya en el segle XVIII o la introducció de la màquina de vapor,* Institut d'Estudis Catalans, Barcelona, 1983.

ANES, Gonzalo: *Economía e "Ilustración" en la España del siglo XVIII,* Ariel, Esplugues de Llobregat, 1969.

BARCA SALOM, Francesc X.: «La Càtedra de Matemàtiques de la Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona (1766-1870). Més de cent anys de docència de les matemàtiques», en Víctor NAVARRO *et alii* (coords.): *II Trobades d'Història de la Ciència i de la Tècnica,* Societat Catalana d'Història de la Ciència i de la Tècnica, Barcelona, 1993, pp. 91-105.

BÉLIDOR, B. F. de: *Architecture hydraulique ou l'Art de conduire, d'élever et de ménager les eaux,* París, 1737-1739.

BERTOMEU, José Ramón y NIETO GALÁN, Agustí (eds.): *Chemistry, Medicine, and Crime. Orfila and his Times*, Science History Publications (en prensa).

CAPEL, Horacio; SÁNCHEZ, Joan Eugeni y MONCADA, Omar: *De Palas a Minerva. La formación científica y la estructura institucional de los ingenieros militares en el siglo XVIII*, Serbal/CSIC, Barcelona, 1988.

CAPMANY, Antonio: *Memorias históricas sobre la marina, comercio y artes de la antigua ciudad de Barcelona*, Imprenta de D. Antonio de Sancha, Madrid, 1779-1792, 4 vols. (ed. facsímil, Barcelona, Cámara Oficial de Comercio y Navegación de Barcelona, 1961-1963, presentación de Emili Giralt).

CARBONELL Y BRAVO, Francisco: *Discurso que en la abertura de la Escuela Gratuita de Química establecida en la ciudad de Barcelona por la Real Junta de Comer-*

cio del Principado de Cataluña dijo —, Compañía de Jordi, Roca y Gaspar, Barcelona, 1805. Edición facsímil con introducción de A. Nieto Galán, Cambra de Comerç, Societat Catalana de Química, Societat Catalana d'Història de la Ciència i de la Tècnica, Barcelona, 2005.

CARBONELL Y BRAVO, Francisco: *Arte de hacer y conservar el vino, con una noticia acerca la fabricación del vinagre*, Antonio Brusi, Barcelona, 1820.

CENTRO DE ESTUDIOS HISTÓRICOS DE OBRAS PÚBLICAS Y URBANISMO: *Betancourt, los inicios de la ingeniería moderna en Europa*, Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente, Madrid, 1996.

ESCOLANO BENITO, Agustín: *Educación y economía en la España ilustrada,* Ministerio de Educación y Ciencia, Madrid, 1988.

FOX, Robert y NIETO GALÁN, Agustí (eds.): *Natural Dyestuffs and Industrial Culture in Europe, 1750-1880,* Science History Publications, Canton (Mass.), 1999.

GAGO, Ramón: «Bicentenario de la fundación de la Cátedra de Química de Vergara», *Llull*, 2, 1978, pp. 5-18.

—«The New Chemistry in Spain», *Osiris,* vol. 4 (segunda serie), 1988a, pp. 169-192.

—«Cultivo y enseñanza de la química en la España de principios del siglo XIX», en José Manuel SÁNCHEZ RON (dir.): *Ciencia y sociedad en España,* Ediciones el Arquero/CSIC, Madrid, 1988b, pp. 129-142.

GARCÍA DONCEL, Manuel: «Els quatre enfocaments de l'Acadèmia», en A. NIETO GALÁN y A. ROCA ROSELL (coords.): *La Reial Acadèmia de Ciències i Arts als segles XVIIII i XIX. Història, ciència i societat*, RACAB, IEC, Barcelona, 2000, pp. 111-133.

GASSIOT I MATAS, Lluís: «Tomàs Cerdà i els inicis de l'Acadèmia de Ciències de Barcelona», en A. NIETO GALÁN y A. ROCA ROSELL (coords.): *La Reial Acadèmia de Ciències i Arts als segles XVIIII i XIX. Història, ciència i societat*, RACAB, IEC, Barcelona, 2000, pp. 125-133.

GRAPÍ, Pere y NIETO GALÁN, Agustí: «La Química, de les tradicions artesanes a l'assimilació de les noves teories», en Ramon PARÉS y Joan VERNET (eds.): *La Ciència en la Història dels Països Catalans*, Institut Joan Lluís Vives, Universitat de València, Institut d'Estudis Catalans, Valencia (en prensa).

HAMMERSTEIN, Notker: «Epilogue. The Enlightenment», en Hilde DE RIDDER-SYMOENS (ed.): *Universities in Early Modern Europe (1500-1800),* Cambridge, 1996, vol. II, pp. 621-640.

HELGUERA QUIJADA, J. y TORREJÓN CHAVES, J.: «La introducción de la máquina de vapor», en *Historia de la Tecnología en España*, Valatenea, Barcelona, 2001, vol. I, pp. 241-252.

HILLS, Richard L.: *A History of the Stationary Steam Engine*, Cambridge University Press, 1989.

LLUCH, Ernest: *El pensament econòmic a Catalunya, 1760-1840, els orígens ideològics del proteccionisme i la presa de consciència de la burgesia catalana,* Edicions 62, Barcelona, 1973.

LLUCH, Ernest: *Las Españas vencidas del siglo XVIII. Claroscuros de la Ilustración,* Crítica, Barcelona, 1999.

LUSA MONFORTE, Guillermo y ROCA ROSELL, Antoni: «La ETSEIB (1851-2001), una trayectoria fructífera», en F. PUERTA SALES (ed.): *L'Escola d'Enginyers 1851-200,* Associació/Col·legi d'Enginyers Industrials de Catalunya, Barcelona, 2002, pp. 15-72.

MALUQUER DE MOTES I BERNET, Jordi: «Carles Ardit i l'espionatge industrial a l'inici del segle XIX», en Jordi MALUQUER DE MOTES I BERNET (dir.): *Tècnics i tecnologia en el desenvolupament de la Catalunya contemporània*, Enciclopèdia Catalana, Barcelona, 2000, pp. 180-183.

MOLAS RIBALTA, Pedro: *Los gremios barceloneses del siglo XVIII,* Confederación de Cajas de Ahorros, Madrid, 1970.

—*Comerç i estructura social a Catalunya i València als segles XVII i XVIII,* Curial, Barcelona, 1977.

MONÉS PUJOL-BUSQUETS, Jordi: *L'obra educativa de la Junta de Comerç 1769/1851*, Cambra de Comerç, Indústria i Navegació, Barcelona, 1987.

NADAL, Jordi: *El fracaso de la revolución industrial en España, 1814-1913,* Ariel, Barcelona, 1975.

—y CARRERAS, Albert (dirs.): *Pautas regionales de la industrialización española, siglos XIX y XX*, Ariel, Barcelona, 1990.

NIETO GALÁN, Agustí: «Un projet regional de chimie appliquée à la fin du XVIIIe siècle», en *Archives Internationales d'Histoire des Sciences,* vol. 44, 1994, pp. 38-62.

—«La tecnologia del vi i la destil·lació a la Catalunya de 1800», *Quaderns d'Història de l'Enginyeria*, vol. 2, 1997, pp. 9-42.

—*Ciència a Catalunya a l'inici del segle XIX, teoria i aplicacions tècniques a l'Escola de Química de Barcelona sota la direcció de Francesc Carbonell i Bravo (1805-1822)* [microforma], Universitat de Barcelona, Barcelona, 1999.

—*La seducción de la máquina*, Nivola, Madrid, 2001.

—y ROCA ROSELL, Antoni (coords.): *La Reial Acadèmia de Ciències i Arts als segles XVIIII i XIX. Història, ciència i societat*, RACAB, IEC, Barcelona, 2000.

PAYEN, Jacques: *Capital et machine à vapeur au XVIIIe siècle. Les frères Périer et l'introduction de la machine à vapeur de Watt,* Mouton, París, 1969.

PELLÓN, Inés y GAGO, Ramón: *Historia de las cátedras de química y mineralogía de Bergara a finales del siglo XVIII*, Ayuntamiento de Bergara, Bergara, 1994.

PRATS, Joaquim: *La Universitat de Cervera i el reformisme borbònic*, Pagès Editor, Lleida, 1993.

PRONY, M. de: *Nouvelle Architecture Hydraulique,* París, 1790.

PUIG PLA, Carles: «L'establiment dels cursos de mecànica a l'Escola industrial de Barcelona (1851-1852). Precedents, professors i alumnes inicials», *Quaderns d'Història de l'Enginyeria,* vol. I, 1996, pp. 127-196.

PUIG PLA, Carles: «From the Academic Endorsement of the Mechanical Arts to the Introduction of the Teaching of Machinery in Catalonia», *ICON,* 5, 1999, pp. 20-39

—«Els primers socis artistas de la Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona (1764-1824)», en A. NIETO GALÁN y A. ROCA ROSELL (coords.), 2000, pp. 287-309.

—«Sobre el significat del concepte *matemàtiques*, matemàtiques pures i mixtes en els segles XVIII i XIX», en J. BATLLÓ *et alii* (coords.): *VI Trobada d'Història de la Ciència i de la Tècnica,* Societat Catalana d'Història de la Ciència i de la Tècnica, Barcelona, 2002, pp. 151-169.

—«Las Memorias de Agricultura y Artes (1815-1821). Innovación y difusión de tecnología en la primera industrialización de Cataluña», *Quaderns d'Història de l'Enginyeria*, vol. V, 2002-2003, pp. 27-58.

RINGROSE, David R.: *España, 1700-1900, el mito del fracaso*, Alianza Editorial, Madrid, 1996.

ROMÀ ROSSELL, Francesc: *Las señales de la felicidad de España y medios de hacerlas eficaces,* estudio preliminar de Ernest Lluch, Alta Fulla, Barcelona, 1989 (ed. original, Madrid, 1768).

ROURA, José: *Memoria sobre los vinos y su destilación y sobre los aceites*, Imp. de J. Oliveres, Barcelona 1839, edición facsímil con introducción de G. Lusa y A. Roca Rosell, ETS de Enginyers Industrials de Barcelona, Barcelona, 1997.

RUIZ Y PABLO, Ángel: *Historia de la Real Junta Particular de Comercio de Barcelona (1758 a 1847)*, Cámara de Comercio y Navegación de Barcelona, Barcelona, 1919 (ed. facsímil, Alta Fulla, Barcelona, 1994).

RUMEU DE ARMAS, Antonio: *El Real Gabinete de Máquinas del Buen Retiro, origen, fundación y vicisitudes. Una empresa técnica de Agustín de Betancourt,* Castalia, Fundación Juanelo Turriano y Patrimonio Nacional, Madrid, 1990.

SALVÀ CAMPILLO, Francesc y SANTPONTÇ ROCA, Francesc: *Disertación sobre la explicación y uso de una nueva máquina para agramar cáñamos y linos inventada por...*, Imprenta Real, Madrid, 1784.

SÁNCHEZ, Álex: «Les berguedanes i les primeres màquines de filar», en J. MALUQUER DE MOTES (dir.): *Tècnics i Tecnología en el desenvolupament de la Catalunya Contemporània*, Enciclopèdia Catalana, Barcelona, 2000, pp. 161-175.

SÁNCHEZ RON, José Manuel (ed.): *Ciencia y sociedad en España,* Ediciones el Arquero/CSIC, Madrid, 1988.

SANTPONÇ, F.: *Resumen de los méritos literarios del Doctor Don Francisco Sanponts y Roca, médico de la ciudad de Barcelona,* s. f., s. l., h. 1793.

—«Noticia sobre una nueva bomba de fuego», ms., 1805-1806, reproducida en J. AGUSTÍ CULLELL, 1983, archivo familiar Santponç, colección particular, Olot.

—*Principios de Mecánica,* Barcelona, s. f. [1808].

—*Elementos de Geometría*, Barcelona, s. f. [1808].

SANTPONÇ, F.: «Sobre el modo de establecer en España escuelas de Mecánica para fomento de las Artes y de la Agricultura», 10 fols. mss., Cádiz, 1813, archivo familiar Santponç, colección particular, Olot.

—«Noticia sucinta del origen y progresos de la máquina de vapor», *Memorias de Agricultura y Artes*, vol. III, junio-septiembre 1816, pp. 81-96 y 125-143.

SELLÉS, Manuel; PESET, José Luis y LAFUENTE, Antonio (eds.): *Carlos III y la Ciencia de la Ilustración*, Alianza Editorial, Madrid, 1988.

SOLDEVILA, Ferran: *Barcelona sense universitat i la restauració de la Universitat de Barcelona (1714-1837)*, Universitat de Barcelona, Barcelona, 1938.

SORNI, Xavier; CORBELLA, Jacint y PARÉS, Ramon: *Discursos en commemoració dels 200 anys de la publicació de l'obra de Francesc Carbonell i Bravo "Elementos de Farmacia fundados en los principios de la química moderna",* Consell Interacadèmic de Catalunya, Barcelona, 2002.

SUREDA BLANES, Josep: *Orfila i la seva època,* Edicions 62, Barcelona, 1969.

THOMSON, J. K. J.: *La indústria d'Indianes a la Barcelona del segle XVIII*, L'Avenç, Barcelona, 1990.

—*A Distintive Industrialization, Cotton in Barcelona, 1728-1832*. Cambridge University Press, 1992 (traducción al catalán, Ed. 62, Barcelona, 1994).

—«The Arrival of the First Arkwright Machine in Catalonia», *Pedralbes,* 18, 1998, pp. 63-71.

—«La introducció de les màquines Jenny a Barcelona (1784-1789), les primeres etapes en la creació d'una tradició de construcció de maquinària», *Recerques,* 42, 2001, pp. 125-146.

—«Transferencia tecnológica en la industria algodonera catalana, de las indianas a la selfactina», *Revista de Historia Industrial*, 24, 2003, pp. 13-49.

VENTURA-MUNNÉ, Montserrat: «El Col·legi de Cordelles sense els jesuïtes, un projecte fracassat», en C. MARTÍNEZ-SHAW (ed.): *Historia Moderna, historia en construcción,* Milenio, Lleida, 1999, vol. I, pp. 529-540.

VILAR, Pierre: *Catalunya dins l'Espanya Moderna,* Edicions 62, Barcelona, 1964-1968 (versión francesa original, 1962).

WORCESTER, Marqués de: *The Century of Inventions*, Londres, 1663.

5

Minería y metalurgia en España y la América hispana en tiempo de Ilustración: El siglo XVIII

Julio Sánchez Gómez
Universidad de Salamanca

I

La España peninsular

I.1. A comienzos del siglo

A comienzos del siglo XVIII, la actividad minera en el territorio español peninsular se hallaba en un estado casi completo de atonía. Sólo la explotación de Almadén podía ser tenida en cuenta como una mina de cierta entidad. En el cambio de siglo, la mina de mercurio –rescatada de manos de los Fugger, en cuya posesión por arrendamiento había permanecido casi ciento cincuenta años, a mediados del siglo XVII– había logrado superar los efectos del devastador incendio de 1639 y del paso de la administración de los banqueros alemanes a la real, mientras que la introducción de los innovadores hornos mal denominados "de Bustamante" había provocado un aumento de la producción. Ésta se mantenía, sin embargo, muy lejos de la demanda de la minería argentífera americana, que a causa de ello sufría frecuentes estrangulamientos.

Al margen del mercurio, sólo el hierro tenía importancia, si bien atomizado en un sinnúmero de explotaciones mínimas y, a fines del siglo anterior, en un proceso de crisis del que sólo se recuperaría ya comenzada la nueva centuria. Las minas de plomo de Linares mantenían la discreta actividad que se había iniciado a mediados del siglo XVII, siempre frenado su crecimiento por los altos precios que imponía el monopolio –estanco– estatal de ventas, que restringía notablemente la demanda. Algunas explotaciones esporádicas de estaño en Galicia y las provincias occidentales de Castilla y León, sin apenas importancia productiva, y las sempiternas búsquedas y registros de minas de plata, azuzados buscadores y zahoríes por el recuerdo de Indias o de Guadalcanal o por la difusión de los textos de los autores latinos, siempre defraudados por la realidad, completaban el paupérrimo panorama.

Sin embargo, a lo largo del siglo XVIII se producirá un notable aumento productivo en los tres primeros productos citados, paralelo a la aparición de minerales hasta entonces inéditos en las actividades mineras peninsulares –cobre o calamina–, que, si bien modesto en comparación con el *boom* del siglo siguiente, no fue despreciable. Este incremento de la extracción minera, junto con la constitución de un fuerte –en términos relativos– sector en manos del Estado, será lo más significativo del Siglo de las Luces.

I.2. El marco legal de la minería

El XVIII representó la continuidad de las dos centurias anteriores en la concepción regalista de la minería en los dominios del rey de España. Toda riqueza mineral del subsuelo era considerada una propiedad privativa de la Corona, quien podía cederla o no a sus vasallos para su explotación mediante el pago de un canon prefijado en la legislación. Pero, mientras que en los dominios americanos la norma devenía siempre en cesión y consiguiente explotación por empresarios privados, de forma que apenas podía apreciarse diferencia entre tal cesión y la plena propiedad, en la Península la Corona se reservó para su explotación directa, ya desde el siglo XVI, un conjunto de yacimientos cuyo núcleo originario lo constituyó Almadén[1], al que se fueron añadiendo otros considerados de especial importancia estratégica, bien porque producían sustancias de directa aplicación en la industria del armamento o porque abastecían estancos o fábricas reales: las minas de azufre de Hellín y Benamaurel, las de cobre de Riotinto, las de plomo de Linares, la de calamina de Alcaraz o la de grafito de Marbella. A finales de la centuria, las tres principales minas españolas por la cantidad y el valor de su producción, Almadén, Riotinto y Linares, eran trabajadas por cuenta del rey, y el conjunto de todas las explotaciones configura un amplio dominio estatal directo que hace del siglo XVIII el período de la historia con mayor intervención del Estado en la minería[2], ya que a mediados del siguiente comienza el progresivo abandono por aquél de las minas. En todas ellas, la evolución productiva fue similar: incremento constante a lo largo del siglo y crisis al final de la centuria.

[1] Una mina cuya propiedad se atribuía a la Orden de Calatrava y que recayó en el rey cuando éste se convirtió en maestre perpetuo y hereditario de la Orden.

[2] El efecto de esta amplia reserva de explotación por parte de la Corona ha sido muy discutido por los historiadores. Si algunos opinan que la reserva fue una rémora para el despegue de la minería, otros aseguran lo contrario. En cualquier caso, la amplia participación real obedecería por igual a la escasa capacidad y a la abstención empresarial privada y a su consideración como fuente de ingresos fiscales, ya que la minería cumplió funciones muy relevantes en el conjunto de finanzas del Estado. Sobre todo ello, vid. R. DOBADO GONZÁLEZ: «La minería estatal española, 1748-1873», art. en prensa.

I.3. Las minas del sector estatal

I.3.1. Almadén

Almadén producía un artículo de importancia esencial para el Estado; desde 1553 el mercurio era el ingrediente imprescindible en el proceso de obtención de plata a partir del mineral extraído de las minas americanas. La presencia o ausencia del mineral líquido en ultramar se reflejaba de forma directa en la curva de producción de plata y, consiguientemente, en los ingresos del fisco, en el dinamismo o no del sector exterior y, en general, de toda la economía americana. Ello hacía de Almadén un objeto de atención preferente por parte de la maquinaria estatal.

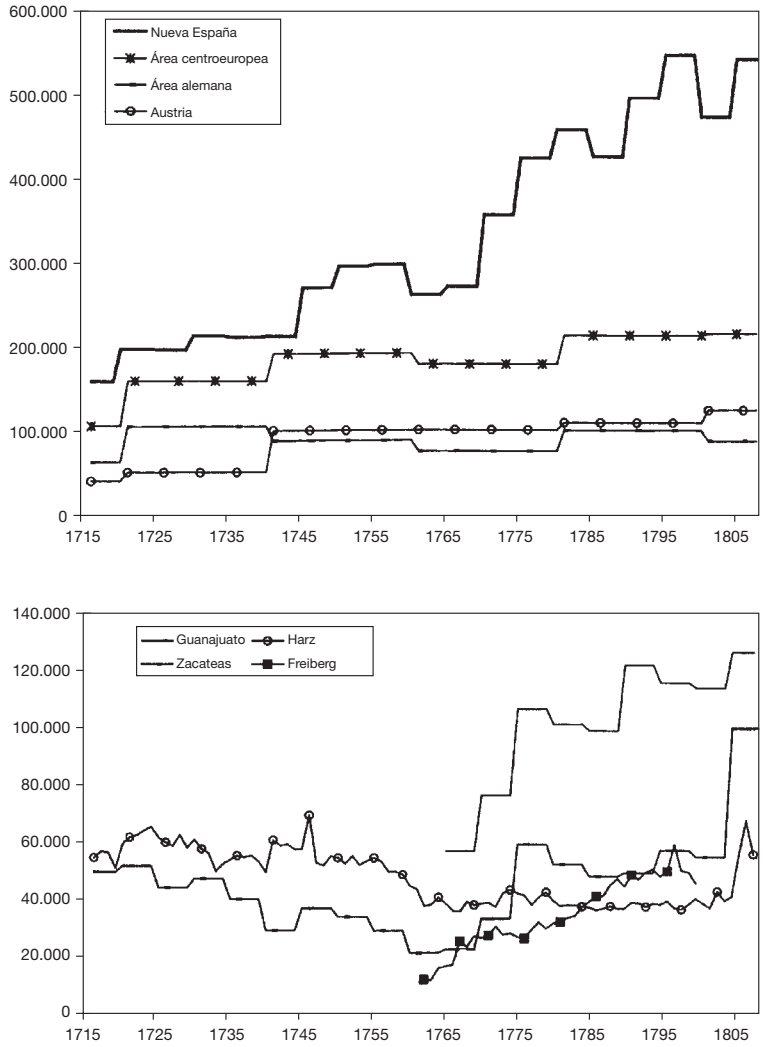
A comienzos del XVIII, Almadén[3] llevaba ya cincuenta años de administración directa por la Corona, tras el rescate de manos de los Fugger. Las dificultades crecientes de la Real Hacienda habían impedido mantener un nivel aceptable de suministros a la mina, lo que en la extracción se tradujo en descenso primero y estancamiento después, por debajo de los niveles alcanzados en tiempo de los banqueros alemanes, con las consecuencias esperables en términos de exportación a ultramar y consiguiente producción argentífera. Este pobre panorama se transformará sustancialmente a partir del cambio de centuria. La extracción desde 1700 iniciará un ciclo ascendente que no se interrumpirá hasta la época de la guerra hispanofrancesa de 1808.

Toda una serie de factores incidirán en este cambio favorable. Mejoras administrativas y en el suministro de fondos y, lo que aquí más nos interesa, aportación de perfeccionamientos técnicos, permitirán elevar la producción entre 1700 y 1750 de 4.000 a 10.000 quintales. A las puertas del nuevo siglo –en 1698– y tras una serie de ensayos, se introduce de forma pionera en el ámbito de la Corona española el derribo subterráneo con pólvora, lo que facilita y abarata enormemente el avance de los frentes de explotación. La novedad supuso nada menos que triplicar la extracción en los años siguientes. Además, como consecuencia en parte de la mayor facilidad de perforación, se descubrieron nuevos criaderos de alta riqueza y de más sencillo trabajo.

Pero, desde el punto de vista técnico, la valoración de Almadén a fines de la primera mitad del siglo XVIII es ambigua. Se trabajaba ya con pólvora, el sistema más moderno de derribo entonces existente; en la entibación se utilizaba la albañilería, con una perfección que reconocían todos los informes, mientras que la metalurgia había mejorado sensiblemente con la introducción en el siglo anterior de los hornos "de Bustamante", lo que la había colocado como la más avanzada del momento en su género. Pero los procedimientos de desagüe eran muy primitivos, no sólo compara-

---

[3] Sobre la mina de Almadén, vid. A. MATILLA TASCÓN: *Historia de las minas de Almadén*, Madrid, Instituto de Estudios Fiscales-Minas de Almadén y Arrayanes, 1987, vol. II. También, R. DOBADO GONZÁLEZ: «Las técnicas productivas en Almadén, 1759-1808» y «El azogue en Nueva España, 1709-1805», ambos en prensa.



5.1. Producción de plata (en marcos): *1) En Nueva España y Europa central, donde se puede observar el despegue de la producción novohispana a mediados del siglo; 2) En centros concretos relevantes (fuente: J. Sánchez Gómez y R. Peiper:* ¿Tras las huellas de un espejismo?, *2000).*

ción con las minas británicas, en las que en 1750 la máquina de vapor estaba ampliamente difundida, sino también con las germanas, en las que la extracción de agua subterránea se practicaba con máquinas y bombas hidráulicas muy eficaces, herederas perfeccionadas de las ya conocidas en el siglo XVI. Tampoco el planeamiento y la geometría subterránea resistían comparación con las que ya se practicaban en las minas centroeuropeas, a juzgar por los informes evacuados a raíz de las numerosas visitas que se sucedieron a partir de 1750. Algunos de estos frenos técnicos se irán

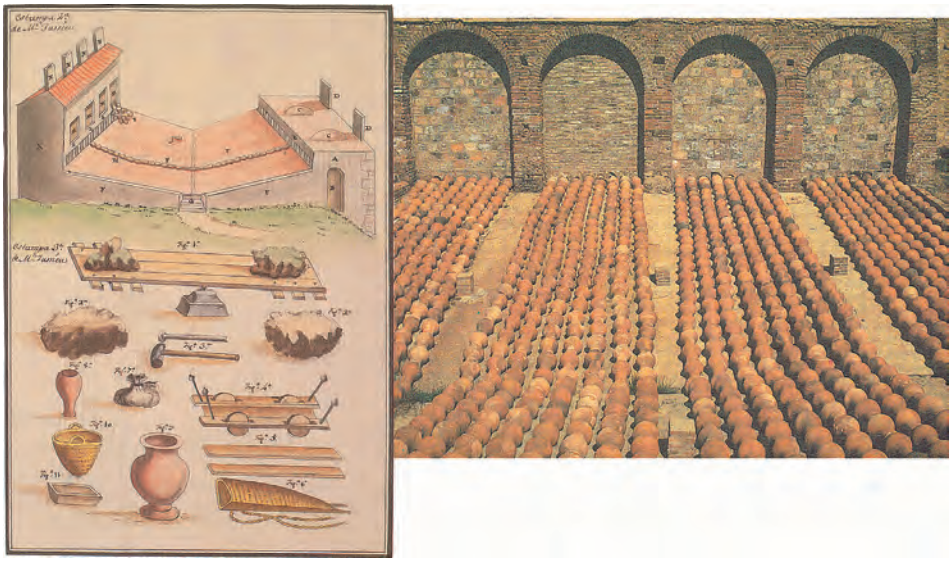
solucionando a lo largo de la segunda mitad del siglo, lo que abrirá el camino a un notable incremento productivo que llevará las sacas a los máximos de hasta 20.000 quintales por campaña de la última década de la centuria.

El planteamiento de las denominadas reformas borbónicas colocaba como uno de los objetivos centrales el aumento de la producción de plata en los territorios americanos. La estrecha dependencia de ésta respecto de la exportación de Almadén hizo centrar la atención de la administración en esta mina de una forma más acusada que en el período anterior. Entre 1750 y 1770 se suceden las visitas de funcionarios enviados por la Corona con el fin de proponer reformas en la dirección. Entre ellos se encontraban algunos tan cualificados como G. Bowles, que acudió en cinco ocasiones a Almadén, o Jorge Juan, que la visitó en otras tres.

Una de las primeras medidas de reforma fue la creación en 1750 del cargo de maestro mayor, una especie de ingeniero de explotación, embrión de lo que luego sería la dirección técnica. Para ocupar el puesto se contrató a un alemán, Henning Karl Koehler. Constituyó este acto la reapertura de la principal explotación minera peninsular a la tecnología centroeuropea, de cuyos avances había permanecido aislada, y junto con ella toda la minería hispana de uno y otro lado del mar, desde el postrer cuarto del siglo XVI[4], cuando los últimos especialistas centroeuropeos contratados por los Fugger envejecieron o murieron. Junto a Koehler llegó a Almadén un conjunto de técnicos y simples mineros también de procedencia germana. Desde entonces y hasta fines del siglo (1796), los alemanes van a ocupar ininterrumpidamente la dirección técnica de la explotación. Al fallecimiento de Koehler en 1757 le sucede H. K. Storr, un especialista llegado de una de las zonas mineras más relevantes, junto con Sajonia, del área germana, Clausthal-Zellerfeld, en el Harz, territorio de Hannover; fue reemplazado por Johann Martin Hoppensack en 1783. Tras la marcha de Hoppensack como empresario a Guadalcanal en 1792, se hizo cargo Johann Friedrich Meyer, igualmente procedente de Clausthal.

Los directores técnicos vinieron acompañados de expertos de su misma nacionalidad y todos ellos introdujeron una serie de mejoras tecnológicas ya ampliamente difundidas en la Europa central: sistemas modernos de geometría subterránea y planimetría mucho más ajustada –es ahora cuando aparecen los primeros planos de minas dotados de escala–, capaces de localizar y seguir mejor las reservas de mineral,

[4] A la llegada de técnicos y directivos foráneos a la mina de Almadén y desde ella a otras explotaciones españolas se une también la aparición de empresarios e inversores franceses, británicos o alemanes, cuya actuación en Guadalcanal, Riotinto, Alcaraz o incluso en las pequeñas minas de estaño de Galicia –contemporánea de la fundación de las primeras fábricas reales con extranjeros, como las de paños o la de hojalata de Ronda– tiene mucho que ver con la leyenda, que persiste, de la inmensa riqueza del suelo peninsular. La actuación de estos dueños de minas extranjeros tiene muy poco que ver con la que se materializará en el *boom* minero del siglo XIX. Muy controlada por el Estado, que otorga y anula concesiones de forma arbitraria, en muchos casos fue una acción puramente especulativa y su balance final no fue positivo.

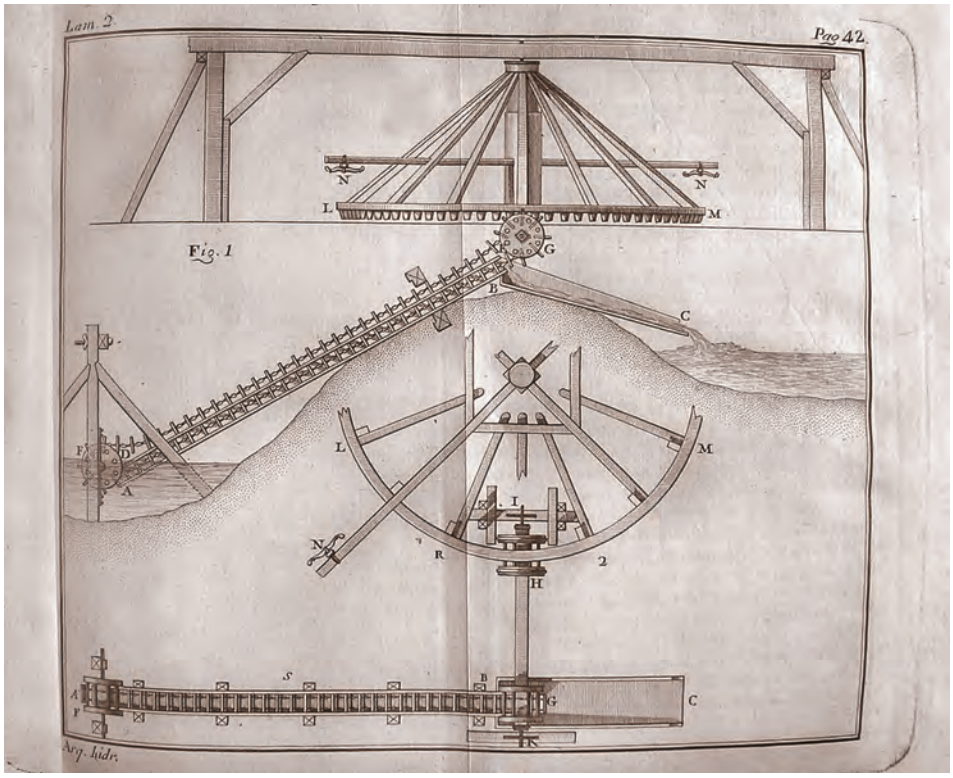


5.2. El procedimiento metalúrgico de aludeles *(caños de barro cocido que, enchufados unos a otros, se empleaban en los hornos para condensar los vapores mercuriales obtenidos mediante calcinación del mineral de azogue) para la obtención de mercurio a partir del cinabrio. Corrientes en Huancavélica –de donde proceden– y en Almadén desde el siglo XVII, con algunas mejoras han estado vigentes hasta la actualidad: 1) Horno de aludeles y accesorios dibujados por el novohispano José Antonio de Alzate y Ramírez (Biblioteca del Palacio Real, Madrid); 2) Horno en el Cerco de los Buitrones, Almadén (único conservado de este tipo en el mundo).*

aparatos de extracción más eficientes –bariteles movidos por mulas[5] y bombas de desagüe que sustituían a los tornos manuales–, unidos a la canalización interna por galerías y socavones, barrenos de pólvora más eficaces y un nuevo procedimiento de explotación en gradas o banquetas, mucho más seguro, cómodo y de mayor rentabilidad[6]. Además, la seguridad y comodidad del trabajo se aumentó con mejoras en la entibación –un empleo mucho mayor que antes de la albañilería– y en la ventilación,

[5] Algunas de estas nuevas máquinas de extracción movidas por fuerza animal permitían extraer directamente el mineral desde el fondo de la mina hasta la superficie con una sola máquina, lo que evitaba la sucesión de tornos de abajo arriba que multiplicaban el esfuerzo, los operarios y retrasaban las operaciones.

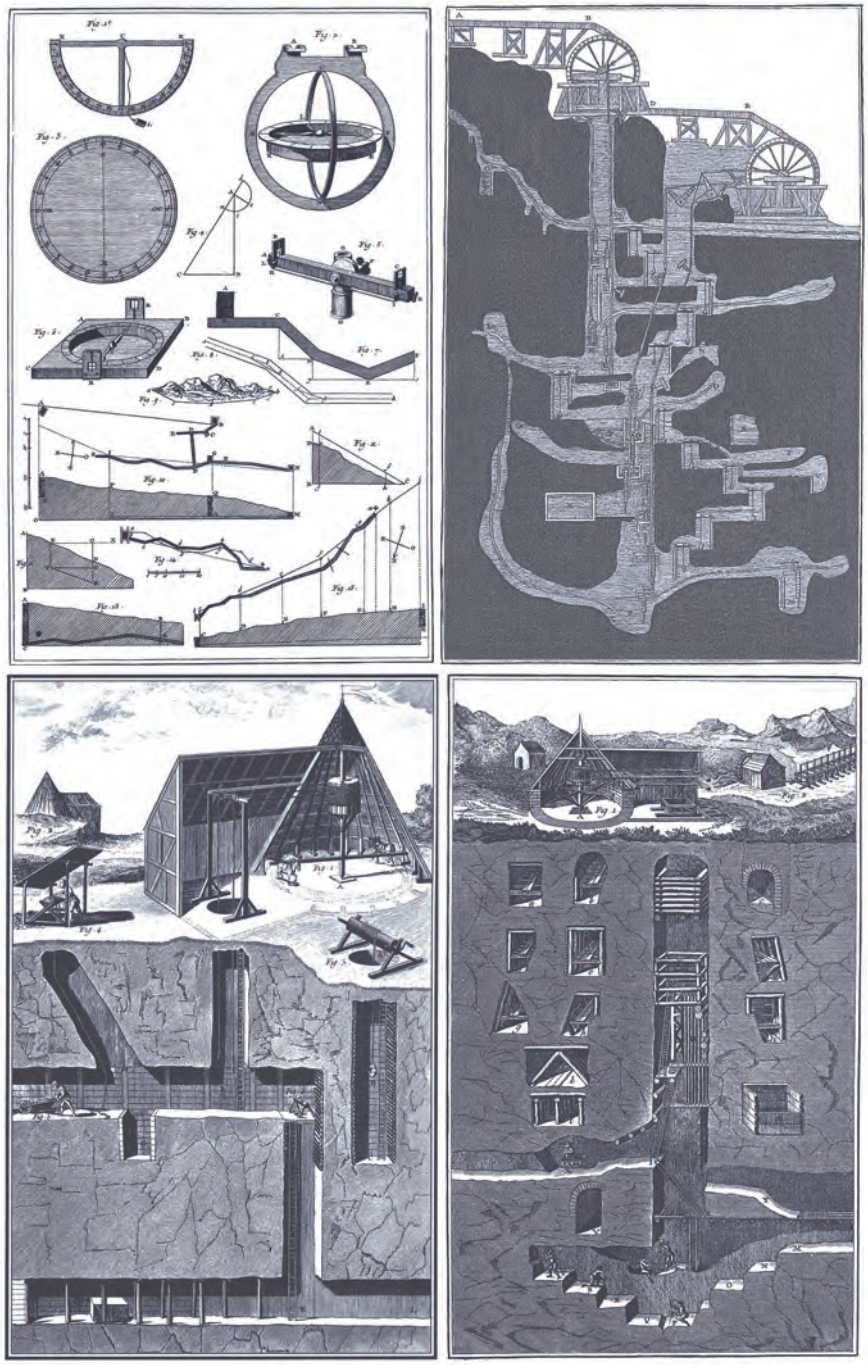
[6] Parés describe la nueva forma de excavación: entre un minero y otro se dejaba sobre la veta un espacio, de forma que los trabajos formaban una especie de gradería, lo que en Francia denominaban "banqueta" (*gradin*). Ello posibilitaba trabajar en fila hasta a cien mineros, cada uno en su banqueta, sin incomodarse unos a otros, lo que aumentaba extraordinariamente la capacidad de extracción simultánea. Además, los riesgos de hundimiento de las excavaciones se minimizaban al ir sosteniendo la nueva excavación con el estéril derribado. Vid. J. PARÉS Y FRANQUES: *Apología de las Reales Minas de cinabrio de Almadén y de sus operarios*, manuscrito en la Biblioteca del Ministerio de Hacienda, citado en A. MATILLA TASCÓN, *op. cit.*



5.3. El baritel es la máquina más común para extracción y desagüe minero. *Muy habitual en la minería del Harz alemán, requería de pozos perfectamente verticales y era un sistema de instalación y mantenimiento muy costoso. Habitualmente movidos por energía hidráulica en la Europa central, la ausencia de ésta hace que en las minas españolas y americanas se utilicen habitualmente caballerías. También se empleaban para desaguar y extraer a través de un plano inclinado, o en obras de edificación o secado de marismas. Tomada de Benito Bails,* Elementos de Matemáticas, *vol. IX,* Arquitectura Hidráulica, *Impr. Viuda de Joaquín Ibarra, Madrid, 1776 (Bibl. RSE Aragonesa).*

tan importante en una explotación amenazada por vapores que producían hidrargirismo de forma muy rápida a los trabajadores[7].

[7] En Almadén trabajaban, junto con la mano de obra libre, esclavos y forzados en número variable pero siempre pequeño relativamente, que se aplicaban a tareas que no requerían especialización, fundamentalmente al desagüe por medio de tornos. Su trato no era especialmente duro, pero su tasa de mortalidad era altísima, sobre todo porque trabajaban en zonas de la mina poco ventiladas, donde las posibilidades de sufrir hidrargirismo eran más elevadas. El número de trabajadores en 1710 ascendía a un mínimo de 550 personas, aunque en algunas épocas del año podían ser muchas más. Ello hacía de Almadén una de las explotaciones mineras más importantes del mundo, ya que las grandes concentraciones de trabajadores de las minas mexicanas aparecerán sólo en la segunda mitad del siglo, y en Alemania se daban sólo en conjuntos de minas, cual era el caso de Freiberg o Clausthal.



5.4. Sobre la minería en la* Encyclopédie *de Diderot y D'Alembert, referente inexcusable de la técnica del período: *1) Instrumentos de medición, un aspecto que experimentó notables adelantos en el siglo XVIII, esenciales para la «Geometría Subterránea»; 2) Ruedas movidas por energía hidráulica para desagüe y extracción de mineral; los procedimientos con tirantes para transmitir el movimiento permitieron aprovechar la fuerza del agua a considerables distancias; 3) Baritel, el instrumento más común para extracción y desagüe, y tornos; 4) Baritel y entibado en madera.*

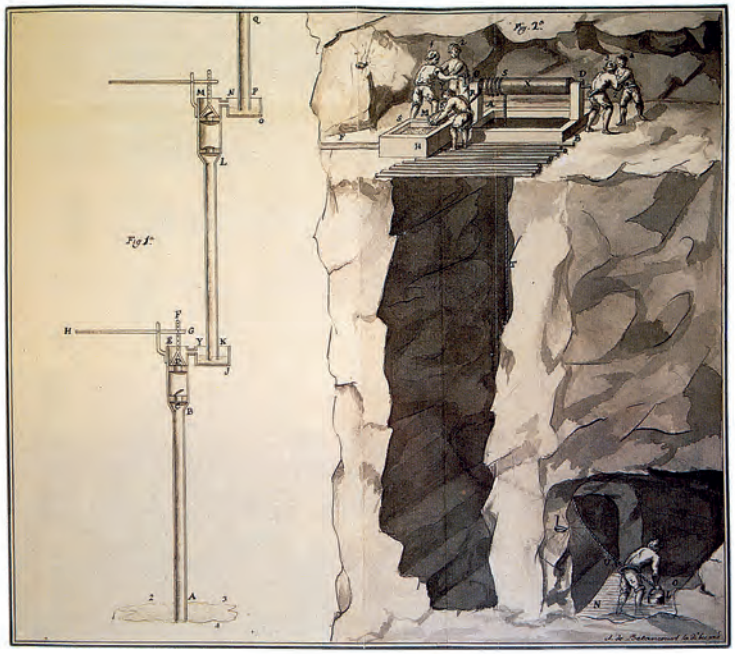
Es significativo que el procedimiento metalúrgico apenas sufriera transformaciones, lo que revela que había llegado a ser muy adecuado el introducido a mediados del siglo XVII, con los mal llamados "hornos de Bustamante"[8]. Se aplicaron, eso sí, los más modernos conocimientos de mineralogía y metalurgia que ya se enseñaban en las escuelas de Clausthal, Freiberg o Schemnitz, lo que contribuyó a aumentar el rendimiento de la metalurgia de Almadén. A todo ello se unirá a fines de la centuria la mejora de los procedimientos de desagüe y elevación del mineral por medio de la máquina de vapor, la primera instalada en una mina del ámbito hispano y, mientras no dispongamos de otra información, la segunda que funcionó en España[9].

El desagüe y la extracción de mineral se habían convertido en un grave problema en una mina que había alcanzado en la segunda mitad del siglo una de las mayores profundidades del mundo: 628 metros. En las décadas de 1760 y 1770 se habían ensayado bombas de balancín y de péndulo con resultados poco satisfactorios. Se experimentaron después otros procedimientos: bombas aspirante-impelentes o sistemas mejorados de los antiguos malacates; ninguno de ellos resolvió del todo el problema. Por ello, ya desde la década de los 70 empieza a estudiarse la adquisición de una máquina de vapor, una técnica entonces suficientemente conocida y ensayada en la minería británica o la francesa. Para ello se recurrió a un pensionado de la Junta de Comercio de Barcelona, Tomás Pérez, técnico en máquinas que pasó a Inglaterra y encargó las piezas a Wilkinson, uno de los más importantes constructores de máqui-

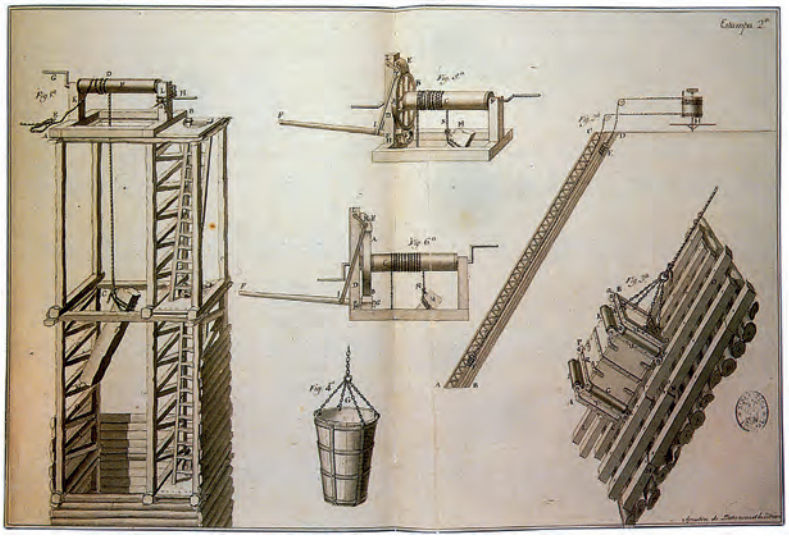
---

[8] En realidad, invención de Lope de Saavedra Barba en las minas peruanas de Huancavélica y de los que Bustamante sólo fue el introductor en Almadén.

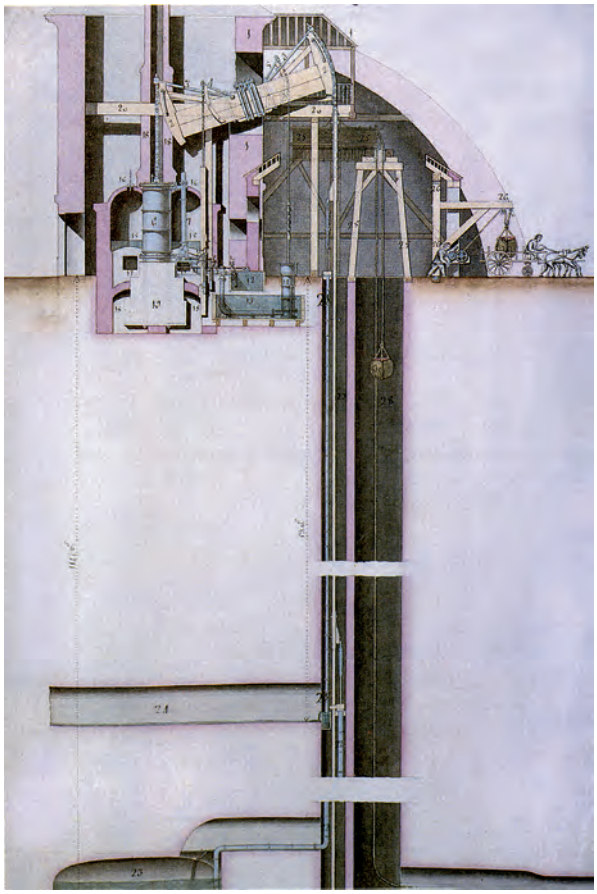
[9] La primera máquina de vapor instalada en España parece haber sido la del Arsenal de Cartagena, del modelo Newcomen, es decir, de la primera generación, mientras que la de Almadén lo será de la segunda, tipo Watt, con algunas modificaciones introducidas por su fabricante, Wilkinson. Hay informaciones que aluden a intentos al menos de instalar otras en fechas tan tempranas como la tercera década del siglo, por ejemplo para elevar agua del Tajo a Toledo o para desaguar las minas de hierro de Vizcaya o las de plomo de Linares, pero de momento no existen suficientes datos para documentar su instalación. Vid. J. SÁNCHEZ GÓMEZ: «La lenta introducción del vapor en la minería española e iberoamericana», *Arbor*, 1994; J. HELGUERA QUIJADA recoge la peripecia del introductor en Inglaterra: «Tomás Pérez Estala y la introducción de las primeras máquinas de vapor en las minas de Almadén a finales del siglo XVIII», en M. GUTIÉRREZ (coord.): *Doctor Jordi Nadal. La industrialización y el desarrollo económico de España*, vol. II, Universitat de Barcelona, Barcelona, 2000. Sobre la cuestión más general de la introducción de la máquina de vapor en España, vid. M. J. ÁLVAREZ PANTOJA: «Los orígenes de la industrialización sevillana. Las primeras máquinas de vapor (1780-1835)», en *I Congreso de Historia de Andalucía, 1976,* Córdoba, Caja de Ahorros, 1979; J. NADAL: «España durante la 1.ª Revolución Tecnológica», en VV. AA.: *España: 200 años de Tecnología,* Madrid, 1988, pp. 29-100; J. HELGERA QUIJADA: «Transferencias de tecnología británica a comienzos de la Revolución Industrial: un balance del caso español a través del sector energético», en *Actas del VI Congreso de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas*, Salamanca, Junta de Castilla y León, 1998, pp. 89-106; J. TANN y M. J. BRECKIN: «The International Difusión of the Watt Engine, 1775-1825», *The Economic History Review*, XXXI, 4, 1978, pp. 541-565.



5.5. Agustín de Betancourt: **Primera Memoria sobre las aguas existentes en las Reales Minas de Almadén y sobre las Máquinas y demás concerniente a su extracción *(julio, 1783).*** *"Cuerpo de bombas atractivas" (de pistones), las más comunes en el desagüe de Almadén antes de la introducción de la máquina de vapor, así como tornos manuales con zacas (de unos 44 litros) para subir agua muy embarrada, que en Almadén eran corrientemente accionados por esclavos. Manuscrito, Biblioteca Nacional, Madrid.*



5.6. Agustín de Betancourt: **Segunda Memoria sobre las máquinas que se usan en las minas de Almadén, en que se expresan sus ventajas y defectos, y algunos medios de remediarlos *(julio, 1783):*** *Torno tradicional para bajar los maderos para entibar las galerías (fig. 1.ª); máquina nueva con freno (figs. 5.ª y 6.ª, perspectiva y perfil) para evitar los accidentes por embalamiento; máquina de tambor en la mina de Almadanejos para extraer el material sobre un plano inclinado por cubas (figs. 2.ª y 4.ª). Betancourt, para disminuir los problemas de roturas causados en el primitivo diseño, propone el uso de cubas paralelepipédicas con rodillos (fig. 3.ª).*



5.7. Máquina de vapor de simple efecto y condensador independiente que, tras muchas peripecias, fue instalada en Almadén para el achique de agua, bajo la dirección de Tomás Pérez Estala en el tránsito del siglo XVIII al XIX. *Corresponde a uno de los ejemplares construidos ilegalmente por John Wilkinson, empresario siderúrgico británico. Fue la primera en funcionar en una mina en todo el ámbito hispánico. Detalle del dibujo de José Morete de Varela, en* Atlas o Colección de Planos de las Reales Minas de Almadén, *1803.*

nas de vapor del momento. La misión de Pérez en Gran Bretaña, que tuvo mucho de espionaje industrial y que se desarrolló en 1786, culminó con la llegada en 1787 de las primeras tres máquinas a la mina de cinabrio, pero su proceso de instalación se prolongó tanto que la primera sólo entró en funcionamiento en 1805[10].

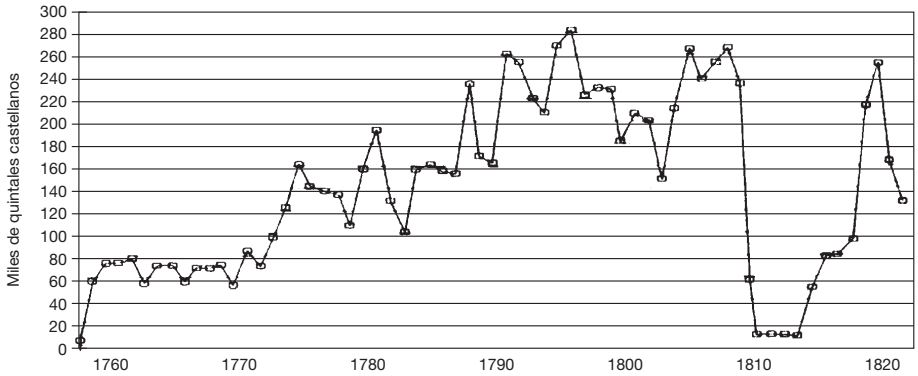
Todo ello, unido al descubrimiento de nuevas vetas y a la puesta en explotación de la mina anexa de Almadenejos, produjo un fuerte incremento de la producción, con consecuencias bien conocidas: el abastecimiento de mercurio a América creció

[10] Sobre el proceso, vid. J. SÁNCHEZ GÓMEZ y J. HELGUERA QUIJADA, *op. cit.* en la nota anterior; N. GARCÍA TAPIA: *Del Dios del fuego a la máquina de vapor,* Valladolid, Ámbito, 1992. De gran interés son las memorias redactadas por el ingeniero Agustín de BETANCOURT Y MOLINA, recogidas en edición facsímil por I. GONZÁLEZ TASCÓN y J. FERNÁNDEZ PÉREZ: *Memorias de las minas de Almadén,* Madrid, Tabaprés, 1990. Las tres memorias del ingeniero canario constituyen la mejor exposición crítica del estado de las técnicas productivas en Almadén en las últimas décadas del siglo XVIII.

de forma espectacular y, consiguientemente, se redujo su precio. Aunque no fue ésta la única causa, la gran expansión de la minería argentífera en América, sobre todo en Nueva España, mantuvo una relación estrecha con el éxito productivo de Almadén: un abastecimiento abundante y más barato permitió, por ejemplo, la explotación de una gran cantidad de pequeñas vetas que aportaron, según algunos estudiosos, hasta la mitad de la producción total novohispana[11].

La presencia de los técnicos germanos en Almadén convirtió por último a la mina de mercurio en el siglo XVIII en un centro de difusión de nuevas técnicas. Especialistas alemanes de Almadén pasaron a trabajar a Linares en 1759 (H. Storr), a Guadalcanal en 1775 (G. Stembach) o formaron parte de expediciones para localizar y poner en explotación minas de carbón a lo largo de toda la segunda mitad de la centuria.

Más importante aún por sus efectos a largo plazo fue la erección aneja a la mina de la primera Escuela de Técnicos, embrión de las futuras Escuelas de Ingenieros de Minas[12]. Ya en 1755, el contrato firmado con Koehler preveía que éste enseñaría a alumnos allí enviados «cómo se trabaja en las minas de Hannover, Sajonia, y por toda Alemania»[13]. Pero la escuela de Almadén, cuya creación se demandaba desde muchos



Fuente: Bernáldez y Rúa (1862)

5.8. Producción de Almadén en la segunda mitad del siglo. *Puede observarse su tendencia creciente, la superación de un bache productivo como consecuencia del mal funcionamiento de la máquina de vapor y la profunda crisis que supuso la ocupación napoleónica (fuente: Bernáldez y Rúa, Madrid, 1862).*

11 B. HAUSBERGER: *La Nueva España y sus metales preciosos,* Madrid, Iberoamericana, 1997.

12 *Centenario de la Escuela de Minas de España, 1777-1877,* Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas, 1977.

13 Paralelamente comienzan a enviarse los primeros pensionados a la Europa del norte. En 1755 salen dos en dirección a Inglaterra; ya en los 80, viaja el grupo más importante a las grandes escuelas de la Europa central –Freiberg y Schemnitz–, aquel en el que aparecen integrados Fausto de Elhuyar y Andrés del Río. Estos últimos, ya desde sus residencias germanas, enviaron información muy valiosa para la mina de Almadén.

años antes, tuvo un parto difícil. A pesar de la especificación contractual con Koehler, sólo en 1777 comenzaron a impartirse enseñanzas a los primeros estudiantes, ya por el sucesor de éste, Storr. Aunque algunos de sus primeros alumnos pasaron a ejercer en otras minas –Palacio, por ejemplo, fue nombrado director de la explotación de Linares–, a la altura de 1790 la "Academia" de Almadén no era aún una verdadera escuela.

I.3.2. Riotinto

Tras varios siglos de inactividad, Riotinto va a reemprender la actividad en el XVIII y a convertirse en la segunda mina en importancia de la parte europea del reino, tras Almadén y a la par de Linares.

En 1725 la Real Hacienda arrienda la mina, entonces paralizada y propiedad de la Corona desde su expropiación en el siglo XVI, a una compañía a cuyo frente aparecía un súbdito sueco que aporta técnicos de su misma nacionalidad. Pero dificultades de todo tipo hacen que las primeras extracciones de cobre no lleguen hasta 1746. La producción se va a basar en la introducción de varias innovaciones técnicas en la metalurgia: la cementación natural[14] y nuevos hornos capaces de suministrar cobre negro, un tipo de cobre poco refinado que, tras una nueva refinación en destino, se utilizaba en la Casa de Moneda sevillana; se produjeron caparrosa –demandada por la industria textil– y ácido sulfúrico, insumos ambos sobre los que existía una demanda creciente en el mercado interior. Los procedimientos mineros, dada la importante profundidad que habían alcanzado los trabajos en el Bajo Imperio, se limitaron al drenaje con nuevas bombas y a la ampliación y entibación de los pozos existentes. Todo ello permitió una producción de cobre muy modesta –muy lejos de las potencialidades de la mina– y a precios finales muy elevados –mucho más que los del importado de la Europa del norte– hasta 1758[15].

A partir de ese año los trabajos de Riotinto continúan en un régimen que R. Dobado califica de «arrendamiento intervenido por la Corona» bajo la dirección de un funcionario nombrado por ésta. Hasta 1783, la producción se eleva de forma notable, de forma que en 1778 se alcanzaban las cien toneladas anuales de cobre. El director introdujo mejoras técnicas como las primeras vagonetas sobre raíles de hierro que se conocieron en minas españolas, y amplió la zona activa con la puesta en explotación del Cerro Salomón, que sería en el siglo siguiente el núcleo más rico de la mina. Pero

---

[14] Procedimiento por el que las aguas sulfurosas que se almacenan en la mina son precipitadas con ayuda de hierro para producir cobre. Conocido en Riotinto al menos desde el siglo anterior, cuando el célebre metalurgista Álvaro Alonso Barba lo ensayó en la propia mina; vid. J. SÁNCHEZ GÓMEZ: «La técnica en la producción de metales monedables», en J. SÁNCHEZ GÓMEZ, G. MIRA DELLI ZOTTI y R. DOBADO: *La savia del Imperio,* Salamanca, Universidad de Salamanca, 1997.

[15] Un buen estudio de la mina de Riotinto desde los inicios de su explotación hasta su paso a manos británicas es el de J. PÉREZ MELERO: *Como nunca se ha conocido en estas minas. Cambio tecnológico en las minas de Riotinto,* tesis inédita presentada en la Universidad de Salamanca en 1998.

ahora el éxito productivo obedeció a una sobreexplotación que olvidó las mínimas normas de seguridad, con lo que a la altura de 1780 la mina estaba al borde de arruinarse. Ello, unido a indicios claros de malversación de fondos, llevó a la Corona a incautarse de la mina en 1783 y a colocarla bajo administración directa por la Real Hacienda, en cuyo seno permanecería hasta su cesión a los británicos cien años más tarde.

La extracción siguió creciendo en manos del Estado hasta el cambio de siglo, cuando alcanzó las 20 toneladas de cobre, prácticamente el cien por cien de lo producido en la parte europea del reino[16]. A pesar de que se planearon numerosas innovaciones técnicas, las dificultades en el aprovisionamiento de fondos impidieron ponerlas en práctica en su mayoría. Aun así, se introdujo el sistema de huecos y pilares, que perfeccionó el sistema de extracción, y sobre todo se erigieron en 1790 los hornos de reverbero –lo más avanzado en fundición en el momento–, levantados por un técnico alemán, que mejoraron de forma notable la calidad del cobre producido. Sin embargo, la falta de presupuesto impidió el desarrollo proyectado de un procedimiento que tendrá una importancia central en el siglo siguiente, la cementación natural, y mantuvo en algunos procesos un notable arcaísmo: el desagüe, por ejemplo, siguió vinculado a los obsoletos malacates movidos por fuerza animal hasta muy avanzado el siglo siguiente.

Pero aun teniendo en cuenta el relativo éxito que revela el *output* de cobre, la mina seguía estando muy por debajo de sus posibilidades. Problemas financieros –la mina dependía de consignaciones que muchas veces tardaban en llegar o no llegaban–, la fijación del precio del cobre por la Administración, los astronómicos costes del transporte que derivaban de la inexistencia de caminos –un problema que no se superará ¡hasta la introducción de la compañía inglesa!– y el enrarecimiento del combustible vegetal, impidieron un crecimiento mayor.

I.3.3. La minería de plomo en Linares

La minería en Linares, que había comenzado a despegar a mediados del siglo XVII, continuaba en la primera mitad del XVIII en manos de un amplio grupo de particulares que explotaban los yacimientos a cambio del pago de un impuesto a la Real Hacienda. Toda la producción estaba en principio sujeta al monopolio estatal del plomo establecido en la centuria anterior[17].

---

16 Hubo en Galicia una compañía formada por varios franceses que explotaron en los años 30 un yacimiento de cobre en el término de O Bolo y otro en el de Carballal, jurisdicción de Valdeorras. Esta compañía había invertido en 1739 más de 3 millones de reales, había traído expertos mineros y fundidores germanos y había tenido hasta 300 trabajadores. Llegó a funcionar también un martinete. Pero sus resultados fueron más bien magros; en 1740 ya estaban abandonadas y no volvieron a trabajarse en el resto del siglo.

17 P. MADOZ: *Diccionario geográfico-estadístico de España y sus posesiones de Ultramar,* Madrid, 1845-50.

De las minas linarenses se obtenía plomo y alcohol, producto éste que tenía amplia demanda para el vidriado de la alfarería. También se extrajo hasta mediados de siglo algo de plata asociada a los minerales de plomo e incluso funcionó hasta entonces una fábrica de desplate de propiedad real. A partir de 1750 se pierde todo rastro de esta actividad. Por último, hasta 1723 se fundía cobre en Linares –la única producción española de ese metal–, en tan escasa cantidad que todo el producido se consumía localmente en un martinete que funcionaba en la propia localidad[18].

A mediados de siglo la explotación en Linares estaba dividida entre un sinnúmero de microscópicas minas que se reducían a «abrir un pozo, seguirle hasta que, o se hundía o las aguas impedían continuar en su profundización, en cuyo caso lo abandonaban y abrían otro a pocas varas, de aquí la causa de verse tanto número de pozos en el país»[19]. Toda la técnica utilizada se limitaba al empleo de picos y palas y, en algunos casos, pequeños tornos manuales, y la producción era incapaz de abastecer al mercado interno. Ello llevó a la Administración real a concluir que la solución era que el Estado trabajase directamente las minas. De entre las varias posibilidades barajadas se optó por incautarse de la mina de Arrayanes, que desde 1749 comenzó a ser explotada por la Corona.

A partir de 1760, el director de las minas de Almadén, H. Storr, diseñó el plan de laboreo, a partir del cual se confió la dirección técnica a un ingeniero alemán, auxiliado por una docena de mineros germanos más, plan basado ya en el moderno uso masivo de la pólvora y en una fortificación adecuada de madera y mampostería. El problema del desagüe, acuciante, ya que pronto se llegó a trabajar a 200 varas, se atacó por medio de una máquina movida por hombres, pero sus gastos resultaron mucho más elevados que los presupuestados, lo que volvió el desagüe otra vez a los sencillos tornos manuales.

A la altura de 1780 las minas particulares habían dejado de trabajar, ya que la mina real abastecía al mercado interno con una extracción de mineral de 1.400 arrobas diarias y ocupaba a 538 trabajadores sin contar los operarios de las fundiciones, es decir, se trataba de una explotación de gran envergadura, la segunda en importancia de su tiempo tras Almadén. En los mejores años, finales de los 70, llegaron a extraerse 213.200 arrobas de alcohol –galena sin tratamiento, empleada en el vidriado alfarero– y a producirse hasta 107.000 arrobas de plomo fundido.

Los éxitos no deben hacer pensar que se trataba de una explotación ajustada a criterios modernos. La planificación de trabajos subterráneos apenas existió, el desagüe seguía practicándose con sistemas arcaicos, y, aunque se contrató a un maquinista inglés para que introdujera procedimientos modernos, presumiblemente la máquina de vapor, no llegó a tomar posesión de su cargo. Los costes de desagüe siguieron siendo, a juicio de los visitadores, excesivamente altos –ante la inexistencia de máqui-

18 *Ibid.*

19 *Ibid.*

nas eficaces, se practicaron galerías de más de 700 varas, con costes superiores al medio millón de reales–, y si la explotación resultó rentable, ello obedeció sobre todo a la alta riqueza del yacimiento.

En la última década del siglo fue nombrado director facultativo uno de los directivos de Almadén, el delineador Francisco de Palacios, quien se ocupó de regularizar los trabajos aplicando los conocimientos de la empresa minera, entonces la más avanzada del país, una de las labores difusoras de técnica que se practicaron desde la mina de mercurio. Mejoró el sistema de planeamiento subterráneo e introdujo otras novedades, algunas aparentemente nimias pero tan trascendentes como la sustitución de agujas de hierro por las de cobre en los barrenos, que no producían chispas, con lo que se redujeron los frecuentes accidentes que sufrían los mineros. Pero todo quedó arruinado en la primera década del siglo XIX, cuando, al igual que en Riotinto o Almadén, la guerra paralizó la explotación, que no volvería a recuperarse hasta avanzada la centuria.

A fines del siglo XVIII la producción prácticamente monopolística de Linares fue desafiada por la competencia de la minería privada surgida en la sierra de Gádor andaluza. Pero alcohol y plomo seguían siendo un monopolio estatal, que fijaba los precios de venta al público. Ello hizo que se mantuvieran altos y llegara un momento en que se acumularon grandes *stocks*. En la primera década del XIX, la Junta de Comercio, Moneda y Minas se vio obligada a ordenar la suspensión de trabajos en todas las minas de plomo hasta poder dar salida a los excedentes almacenados.

I.3.4. La minería bajo un fuerte control estatal

Junto a los yacimientos directamente explotados por la Corona hubo otros que, trabajados por particulares, se hallaban bajo control directo de aquélla por diversas razones. Los de Hellín[20], de los que se extraía un producto estratégico, el azufre, ingrediente esencial para la fabricación de pólvora, se arrendaban con la obligación de entregar su producción prioritariamente a la Corona. Dada la disposición del yacimiento –17 vetas horizontales a la superficie de la tierra a una escasa profundidad, de entre 11 y 25 m–, la explotación se realizaba a cielo abierto, desmontando las capas estériles superiores con simples picos y palancas. El comienzo se hacía abriendo previos pozos en el verano –cuando se suspendían los trabajos para evitar las tercianas– desde los que se iban atacando y extrayendo con caballerías las vetas y el estéril. El mineral se molía a mano en el exterior y se sometía a purificación en hornos dotados de crisoles.

El yacimiento de calamina de Riopar[21] –hoy provincia de Albacete– fue desde su comienzo tutelado por el Estado, que mantenía representantes suyos para controlar la

---

20 P. MADOZ, *op. cit.*; H. BENTABOL: «Informe de la visita girada a las minas de azufre de las provincias de Murcia y Albacete», *Boletín Oficial de Minas y Metalurgia*, septiembre-octubre de 1917.

21 E. LARRUGA: *Memorias políticas y económicas sobre los frutos, comercio, fábricas y minas de España,* Zaragoza, Gobierno de Aragón-Institución "Fernando el Católico" e Instituto Aragonés de Fomento, 1995 (ed. facsímil), tomo XVII, pp. 91 y ss.; I. GONZÁLEZ TASCÓN: *Fábricas hidráulicas españolas,* Madrid, MOPU/Turner, 1987.

explotación. Comenzó a trabajarse en 1773 por J. J. Graubner, un vienés instalado en España, con el fin de abastecer la fábrica de latón que levantó en las proximidades de Alcaraz, en la ribera del río Mundo. La factoría no fabricaba sólo latón, sino también piezas de cobre, como planchas para forro de barcos; el cobre, en la última década del siglo, procedía fundamentalmente de América (Chile, y en menor cantidad, Perú), dada la incapacidad de Riotinto para abastecer las necesidades del reino.

La mina aneja a la fábrica se trabajó «de una manera irregular, haciendo galerías sin tino ni dirección y abandonándolas para principiar otras nuevas en el momento en que se presentaba el menor obstáculo», lo que llevó, ya en el siglo XIX, a un hundimiento de todas las labores y a la apertura de una profunda zanja. Las tareas de arranque se hacían con picos y el mineral extraído se llevaba a la superficie, donde se molía. El mineral así molido se llevaba a la fábrica metalúrgica, ubicada en la orilla del río:

> «Esta fábrica consiste en un tinglado muy capaz, construido todo de madera, bajo cuya elevada cubierta se hallan diferentes hornos, en cada uno de los cuales se colocan 40 retortas de barro, llenas de mineral de calamina molida, cuya operación, con lumbre de leña y pino, obra de manera que en llegando al grado de calor competente da de sí el mineral su metal, destilando por el cañón de la retorta en gotas que se congelan inmediatamente y en cantidades crecidas se vuelve a fundir y a formar barras de ello. Esta operación que practican los naturales del país es muy singular y apreciable a los aficionados a la metalurgia, igualmente nueva y nunca vista en España».

La calamina se utilizaba después para, en operaciones sucesivas, fabricar latón, del que luego se conseguían alambre, barras y planchas.

La elevada pero efímera riqueza productiva de la mina de plata de Guadalcanal, que seguía siendo de propiedad real, había dejado un rastro de fama inextinguida en la memoria colectiva que trajo como consecuencia el que desde mediados del siglo XVI se continuaran ininterrumpidamente trabajos, siempre estériles, para volverla a poner en producción[22]. En 1725, el contrato al que aludíamos para la explotación de Riotinto incluía también la mina de Guadalcanal; por diversas vicisitudes jurídicas acabó recayendo en una aristócrata británica, que en 1743 se obligaba a desaguar Guadalcanal en un plazo de dos años y medio. No pudo cumplirlo la duquesa porque, según ella, le embarazó la guerra y los temporales en la mar la llegada de diferentes géneros, máquinas y operarios necesarios que le enviaban desde Inglaterra. A pesar del retraso, puso al fin en servicio, con el auxilio de técnicos extranjeros, la máquina para desagüe de la mina de Pozo Rico; no hay noticia de qué clase de máquina instaló la duquesa –que le supuso un desembolso de 12.000 doblones de oro–, pero por su origen británico, bien pudo tratarse de una de vapor.

---

[22] Todavía a fines del siglo XVIII escribía Eugenio Larruga: «Aquí [en Guadalcanal] y en las inmediaciones existe entre el vulgo la tradición de que en uno de los planes hay una muralla fuerte y detrás una puerta de hierro y que allí están imponderables riquezas, pero puede ser fabulosa esta tradición, por no haber encontrado en los muchos papeles y documentos antiguos que he examinado relativo a estas minas el menor antecedente». Vid. E. LARRUGA, *op. cit.*, tomo XXXVII.

La compañía sufrió posteriormente nuevas vicisitudes: entrada de nuevos extranjeros en el accionariado, traída de varios especialistas mineros ingleses y alemanes, etc. Llegó a trabajar en algún momento en el desagüe un número importante de hombres. Pero en 1770 la mina seguía improductiva, lo que hizo a la Corona rescindir la concesión y transferírsela a un nuevo beneficiario, el francés conde de Clonard. Éste trajo mineros e ingenieros franceses y sajones que construyeron una máquina de bombas hidráulicas y algunos edificios. Pero en 1780, también la compañía de Clonard había abandonado la mina, y en la última década del siglo surgía otra iniciativa, la de J. M. Hoppensack, director jubilado de la mina de Almadén –nuevamente la irradiación de la mina castellana a otras explotaciones mineras– y Antonio Zacharias Helms, uno de los miembros de la expedición mineralógica al Perú recientemente retornado, quienes en 1795 recibían una nueva concesión por parte de la Corona. Basados en su prestigio como técnicos, planteaban la constitución de una compañía en la que entraran «polacos, alemanes y holandeses, sin admitir francés alguno», reflejo de los años que corrían. Tampoco ellos recogerían fruto de sus esfuerzos, como no lo harían las sucesivas iniciativas que la fama inextinguida del yacimiento arrastró hacia la villa andaluza en el siglo siguiente. La riqueza argentífera de la mina se había extraído en las décadas centrales del siglo XVI y no quedaba nada importante ya que trabajar[23].

Si este panorama tan poco brillante desde el punto de vista técnico era el de la minería en manos del Estado, que tenía mayor capacidad de capitalización, el de la privada, incapaz de aportar capital, era aún más pobre.

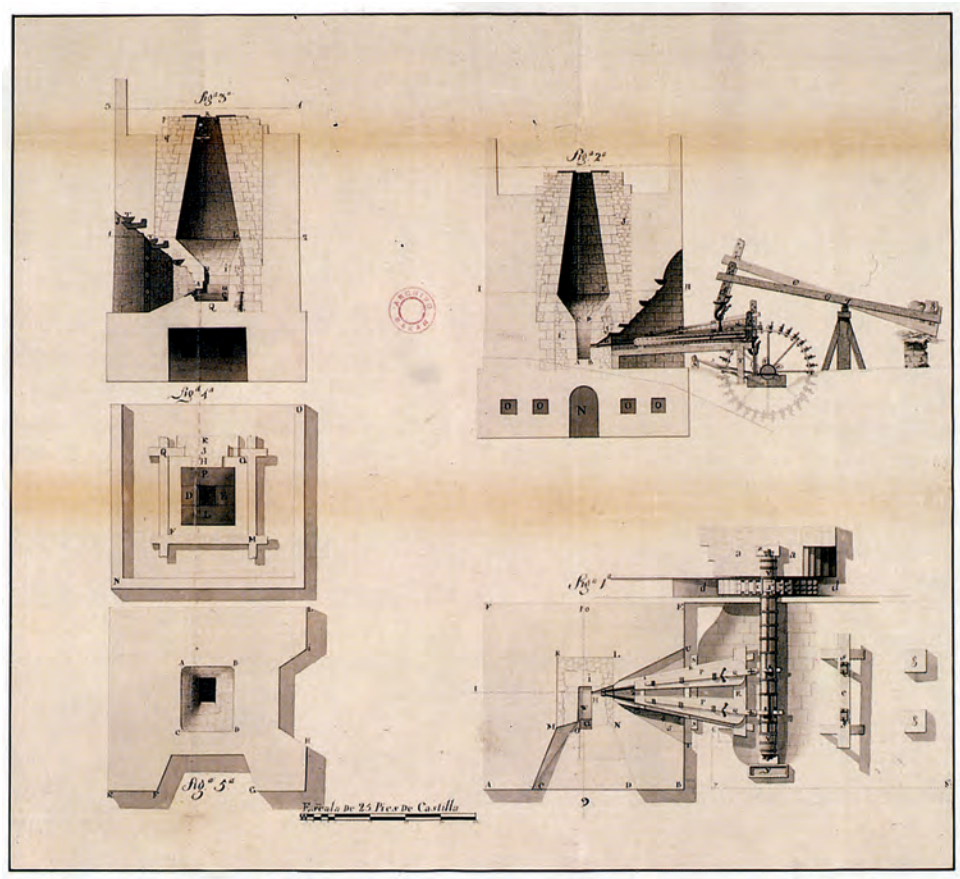
I.4. Las minas del sector privado

I.4.1. El hierro

Es, junto con el mercurio, el principal producto metálico peninsular en el siglo XVIII, y ambos constituyen los únicos *outputs* de la industria minera objeto de exportación fuera del reino. Pero ahí acaban las coincidencias. Frente a la alta concentración en una sola explotación con elevada tecnificación y muchos trabajadores que caracterizaban al azogue, la extracción de hierro se repartía entre múltiples minas, como consecuencia de las especiales características de su regulación legal o de las propias mineralizaciones.

El hierro es un mineral muy abundante en el subsuelo peninsular. Un elevado número de pequeñas vetas eran explotadas por herreros locales un poco por todas partes. Pero a la altura del siglo XVIII las cantidades significativas se producían sobre

[23] E. LARRUGA, *op.cit.*; J. SÁNCHEZ GÓMEZ: *De minería, metalúrgica y comercio de metales,* Salamanca, Universidad de Salamanca, 1989; E. MAFFEI y R. RÚA FIGUEROA: *Apuntes para una biblioteca española de libros, folletos y artículos, impresos y manuscritos, relativos al conocimiento y explotación de las riquezas minerales y a las ciencias auxiliares,* Madrid, Impr. de J. M. Lapuente, 1872.



5.9. Fundiciones de La Cavada: *Horno alto con sistema hidráulico para mover los barquines de soplado, por Erasmo Somazi, 1789 (Museo Naval, Madrid, P7B-16).*

todo en el Cantábrico oriental, en las proximidades de Bilbao –el célebre yacimiento de Somorrostro–, al sureste de la ciudad de Santander –en las cercanías de Solares y Liérganes– y, en cantidades ya decrecientes, en pequeñísimas explotaciones de la provincia de Guipúzcoa, del Pirineo, desde el navarro al catalán, de Galicia o del entorno de Molina de Aragón –hoy provincia de Guadalajara–[24]. De todos ellos, el más destacado por su producción era, como lo seguiría siendo hasta dos centurias más tarde, el de Somorrostro. Su importancia obedecía tanto a la composición de sus minerales como a su proximidad a la costa, lo que facilitaba enormemente su exportación a los centros de consumo.

[24] En el siglo XVIII, el absoluto predominio de la producción cantábrica de hierro en el conjunto de Castilla es tal que se mueve en torno al 90 %; vid. J. ALCALÁ ZAMORA Y QUEIPO DEL LLANO: «Producción de hierro y altos hornos en la España anterior a 1850», *Moneda y Crédito,* 128, 1974.

El mineral vizcaíno[25], de altísimos contenidos metálicos y con una casi inexistente presencia de fósforo, era de un tratamiento metalúrgico muy sencillo y muy económico. Como a ello se unía la superficialidad de las vetas y las peculiaridades legales que afectaban específicamente a la minería del hierro[26], la consecuencia fue que el yacimiento se subdividió en un conjunto de innumerables explotaciones microscópicas, pequeñas catas superficiales y a cielo abierto, en las que frecuentemente trabajaban una o dos personas que se limitaban a cambiar de lugar en cuanto profundizaban un poco o se topaban con la menor dificultad. La tecnificación era nula, y los mineros se limitaban al uso de un pico o a ayudarse ocasionalmente de algún barreno; si bien fue en las minas de Vizcaya donde se produjo la primera tentativa de instalar una máquina de vapor en minas para el desagüe, la idea se quedó en proyecto[27]. En realidad, las minas de Somorrostro se parecían mucho más a una cantera que a la imagen que cualquiera puede hacerse de una explotación minera. Pero este escaso componente técnico y, por tanto, la ínfima necesidad de capital, junto con la cercanía a la costa, contribuían decisivamente a la baratura del producto final. Todo ello convertía al hierro vizcaíno en muy competitivo frente al de otras partes de Europa, algo bien conocido desde la Baja Edad Media, pero que a lo largo del siglo XVIII va a cambiar decisivamente[28].

En el XVII la siderurgia vasca va a vivir su último período de auge sobre las pautas técnicas tradicionales, que no se habían transformado en lo esencial desde los últimos tiempos medievales[29]. Básicamente se trataba del procedimiento metalúrgico "directo", los hornos bajos, que habían ido sustituyéndose en la Europa del norte por el alto horno, que producía un hierro de menor calidad –la del hierro vasco era muy elevada– pero también a un precio mucho más bajo.

El hierro europeo de alto horno había ido ganando terreno rápidamente en los mercados internacionales e incluso en los españoles al hierro cantábrico a lo largo del siglo XVII, una centuria de continua decadencia en producción y exportación. Sin

---

25 L. M. BILBAO y E. FERNÁNDEZ DE PINEDO: «Auge y crisis de la siderometalurgia tradicional en el País Vasco (1700-1850)», en P. TEDDE (ed.): *La economía española al final del Antiguo Régimen,* Madrid, Alianza Editorial, 1982.

26 En parte por tratarse de un territorio foral y en parte porque el hierro no estaba incluido en las regulaciones que afectaban a la minería en general, Somorrostro no era considerado una regalía. Su propiedad tenía la consideración de unido a la de la tierra, y, por tanto, cualquiera podía acceder a su explotación libremente en la tierra de su propiedad o como vecino en las tierras del común, sin necesidad de registro ni permiso alguno.

27 S. LINDQVIST: *Technology on Trial. The introduction of Steam Power Technology into Sweden, 1715-1736,* Stockholm, 1988.

28 L. M. BILBAO y E. FERNÁNDEZ DE PINEDO, *op. cit.*; W. BOWLES: *Introducción a la historia natural y a la geografía física de España,* Madrid, 1782.

29 Vid. J. SÁNCHEZ GÓMEZ: «La minería», en M. SILVA (dir.): *Técnica e Ingeniería en España: I. El Renacimiento.* Zaragoza, Real Academia de Ingeniería, Institución Fernando El Católico y Prensas Universitarias de Zaragoza, 2004, pp. 439-476.

embargo, el XVIII logrará remontar la crisis, fundamentalmente por la confluencia de dos factores: el amplio reforzamiento del proteccionismo hacia el interior, que incluía el enorme mercado americano –que no producía hierro– y el aumento de la demanda tanto peninsular como colonial; el primero era síntoma evidente de la creciente falta de competitividad del producto interior. En la segunda mitad del siglo, el acceso a Gran Bretaña de hierro sueco y ruso, mucho más barato, prácticamente terminó con el mercado inglés, desaparición que se vio ampliamente compensada por la protegida demanda del ámbito hispano. Ello trajo como consecuencia el incremento de la producción vasca, según estimaciones de Bilbao y Fernández de Pinedo, desde las entre 4.000 y 5.000 toneladas de la década de 1700-1710 a las alrededor de 14.000 de entre 1770 y 1780[30].

Si la minería permanece en un estado primitivo y la metalurgia apenas cambió en el siglo XVIII, la nota más importante fue el mantenimiento en la marginalidad del alto horno como forma de producir hierro colado, confinado en las fábricas en manos del Estado –Liérganes, La Cavada, Eugui y Orbaiceta (las dos últimas, ubicadas en el Pirineo navarro, tuvieron muy corta vida), a las que se unirán en la última década del siglo dos nuevos altos hornos en Trubia (Asturias), levantados para aprovechar la cercanía del carbón mineral de las cuencas asturianas; pero su funcionamiento antes de la reforma introducida por Elorza, ya en el siglo XIX, fue muy deficiente a causa de insuficiencias técnicas. Algunos intentos por parte de particulares para producir hierro colado en alto horno, o fracasaron o fueron ya muy tardíos –Sargadelos–. Tampoco tuvieron éxito las tentativas de introducir el carbón mineral como combustible en los altos hornos de La Cavada (Cantabria) en 1793 y 1794. En realidad, habrá que esperar al siglo siguiente para que los altos hornos funcionen en el reino con regularidad[31].

I.4.2. El plomo de la sierra de Gádor

En la última década del siglo XVIII reapareció en las montañas en torno a Berja y Dalías una actividad –inexistente desde principios del XVII– de pequeñas minas privadas, numerosas pero de producción microscópica y técnica muy primitiva; eran simples agujeros trabajados esporádicamente por unos pocos hombres, que obligatoriamente debían vender su producto en bruto a las reales fábricas situadas en Andarax, Baza, Alcora, Turón, Motril, Orgiva y Canjayar, pequeñas fundiciones de propiedad estatal en el marco del monopolio real en que se encontraba la comercialización del plomo. En ellas se fundía el mineral en hornos del tipo denominado "castellano", de una gran simpleza[32].

---

[30] L. M. BILBAO y E. FERNÁNDEZ DE PINEDO, *op. cit*.

[31] En relación con los altos hornos en la España dieciochesca, vid. J. ALCALÁ ZAMORA, *op. cit.* y «Aportación a la historia de la siderurgia española», *Moneda y Crédito,* 128, 1974, pp. 117-228; e I. GONZÁLEZ TASCÓN: *Fábricas hidráulicas...*

[32] M. Á. PÉREZ DE PERCEVAL VERDE: *Fundidores, mineros y comerciantes. La metalurgia de Sierra de Gádor, 1820-1850,* Almería, Cajal, 1984.

La producción ascendió de forma muy rápida, favorecida por el escaso costo de unas explotaciones todavía muy superficiales, pero el funcionamiento del monopolio saturó pronto el mercado y provocó un importante *stock* de invendidos, lo que determinó a la autoridad a ordenar la parada de los trabajos en Gádor hasta dar salida a las reservas, una situación que no encontrará solución hasta la supresión del estanco.

I.4.3. Estaño en Galicia

Hasta mediados del XVIII se extraía de forma irregular estaño de las arenas de los ríos gallegos y se hicieron intentos de explotar minas en las cercanías de Verín, intentos que dejaron de practicarse en la segunda mitad de siglo. Sólo los paisanos seguían extrayendo cortas cantidades que fundían in situ[33]. A finales de siglo, las minas fueron trabajadas en administración por la Real Hacienda para hacer frente sobre todo a las necesidades de las reales fábricas de armas, pero su producción quedó muy lejos de colmar la demanda, que continuó surtiéndose fundamentalmente de importaciones de estaño inglés.

I.4.4. El carbón mineral

Si bien contamos con noticias que indican la existencia de explotaciones de carbón mineral de carácter local al menos desde el siglo XVI[34], una extracción significativa no comenzará hasta los años 1769-71, aunque se mantendrá en niveles muy bajos hasta el último cuarto del siglo XIX, si se toman como referencia las cantidades extraídas en otros países europeos, sobre todo Inglaterra[35].

Antes de la puesta en explotación de los primeros yacimientos, fue necesario que naciera una demanda suficiente. Y ésta sólo aparece en la segunda mitad del siglo XVIII, con el surgimiento de algunas actividades en las que este combustible es susceptible de ser utilizado: el horno de reverbero en la fundición de minerales[36], la fabricación de municiones, las fanderías, las refinerías de azúcar, los hornos de cal o las pioneras máquinas de vapor instaladas en los arsenales. Incluso a escala doméstica, algunos herreros y cocinas principiaban a servirse del carbón. Pero, más aún que la demanda efectiva, fue la expectativa de un crecimiento rápido de ella lo que estimuló las prospecciones más tempranas, que dan lugar al conocimiento de una buena parte de las cuencas que serán explotadas en los siglos XIX y XX –por ejemplo, las del norte de Palencia o Bembibre–. Sin embargo, sólo dos serán trabajadas de forma significativa antes de 1800: Asturias y Villanueva del Río y Minas, al norte de la provincia de Sevilla.

---

33 E. LARRUGA, *op. cit*., vol. XIV; A. MEIJIDE PARDO: «La antigua minería del estaño en el Valle de Monterrey», *Cuadernos de Estudios Gallegos,* vol. XVIII, 1983.

34 Vid. J. SÁNCHEZ GÓMEZ: *De minería, metalúrgica...*

35 La más exhaustiva monografía sobre el tema es la publicada por S. COLL MARTÍN y C. SUDRIÁ TRIAY: *El carbón en España, 1770-1961,* Madrid, Turner, 1987.

36 Que por mantener aislado el combustible y el mineral que se introducía, el carbono de aquél no modificaba las condiciones de éste.

Las primeras explotaciones se produjeron a iniciativa de la Marina –que utilizaba el carbón mineral para fundir lingotes de hierro bastos que servían como lastre de los barcos– en la cuenca central de Asturias, en los concejos de Nava, Siero, Langreo y Lena. Hasta 1800 se emplearon unas técnicas muy primitivas. Numerosos mineros abrían zanjas a cielo abierto desmontando la capa superficial hasta llegar a la de carbón. Cuando la profundidad hacía aparecer dificultades, el trabajador abandonaba aquel agujero y se trasladaba a otro. Esto hacía aumentar de tal manera el número de explotaciones que de las nueve primeras abiertas en 1770 se había llegado en 1790 a más de quinientas, de las que las cuatro quintas partes se habían abandonado ya.

El panorama de la minería asturiana del carbón era muy similar al que dibujábamos para la vizcaína del hierro. En realidad, era consecuencia de un régimen legal semejante; cuando comienza el interés por el carbón, se suscita una inmediata discusión en torno a si los yacimientos debían regirse por las antiguas regalías o si su marco legal debía ser como el de las canteras, sin distinción entre propiedad del suelo y del subsuelo, con total libertad, por tanto, de prospección en los terrenos comunales. Al final se optó por esto último, con la única excepción del valle del concejo de Langreo, que se reservaba para las necesidades de la Marina. Y es aquí donde se desarrolla una explotación estatal, con técnicas algo menos primitivas y más complejas que en las privadas: se abrían pozos y galerías transversales con una entibación muy cuidada y se empleaban para el derribo picos, cuñas, mazos, palas, azadones y pólvora cuando el trabajo se realizaba en zonas de roca. La iluminación, a base de candiles y velas dentro de faroles, impedía el contacto de la llama con el exterior, situación extremadamente peligrosa por el contacto con el grisú. Entre el Estado y la producción privada, Asturias llegó a rendir en torno a 3.000 toneladas al año a la altura de 1800.

En Villanueva del Río las minas comenzaron a trabajarse a partir de 1771, pero, a diferencia de Asturias, se trataba de una explotación en régimen de monopolio por concesión estatal a una compañía de Sevilla. La específica disposición de las capas obligó a abrir pozos, lo que hizo necesarias labores de desagüe y entibación. De todas maneras, no se trató de un trabajo minero demasiado complejo; los pozos llegaban hasta la capa más superficial y, una vez arrancada ésta, se abandonaba el pozo para abrir otro. En estas condiciones, Villanueva del Río alcanzó una producción en torno a las 500 toneladas anuales, que eran enviadas a Sevilla y allí absorbidas en su casi totalidad por la Maestranza. En 1792, las protestas de los vecinos contra el monopolio de la compañía dieron fruto; una real cédula estableció la libertad de explotación, lo que supuso la inmediata retirada de la compañía. A partir de entonces, la cuenca de Villanueva continuaría la explotación en el mismo régimen que las asturianas. En el último año de la centuria, la producción anual andaluza alcanzaba unas 1.500 toneladas.

Fuera de estas dos zonas existe constancia de algunas minas minúsculas que se unen a aquéllas muy a finales de siglo. En la cuenca del Guadiato –Peñarroya, Bélmez y Espiel– se trabajaron por cuenta de la mina de Almadén pequeños pozos bajo dirección alemana que produjeron en torno a 50 toneladas anuales para abastecimiento de

la máquina de vapor de aquella mina. Trabajos aún menores hubo en Reinosa, Préjano (La Rioja) y el norte de Palencia, cuya extracción se consumía en los alrededores.

En conjunto, la producción española alcanzó a fines del siglo de la Ilustración en torno a las 15.000 toneladas/año. La cifra queda, desde luego, muy lejos de los 12 millones que se extraían en Gran Bretaña, pues pesaron dos frenos fundamentales: una demanda que despegó mucho menos de lo previsto y un sistema de transportes que elevaba los precios hasta hacerlos no competitivos. En palabras de Coll y Sudriá, la infancia del carbón español (1770-1800) fue tiempo de grandes proyectos y escasas realizaciones.

I.5. Conclusión

La minería peninsular del siglo XVIII, si bien muy reducida tanto en las cantidades producidas como en su peso en el conjunto de la economía por comparación con lo que representará en la centuria siguiente, se desarrolló notablemente en relación con su casi inexistencia en el siglo anterior, y algún sector –como el mercurio– fue objeto de un proceso importante de renovación. En todo ello, el peso del Estado fue muy fuerte, mucho más de lo que sería nunca, frente a una minería privada que siguió manteniéndose en un estado muy primitivo, fruto de la absoluta falta de inversión, aunque la riqueza de las vetas o la facilidad de extracción permitieron algunos éxitos con muy escasa aportación de capital, como sucedió en el sector del hierro y, en menor medida, en el del carbón.

Quizá uno de los aspectos más llamativos fuera, frente a los tiempos anteriores, la ruptura del aislamiento con el exterior. Llegó un alto número de técnicos extranjeros, sobre todo, pero no sólo, alemanes, a los que vemos un poco por todas partes, desde Almadén hasta pequeñas explotaciones en Galicia.

Hubo una renovación con respecto al atraso imperante a fines del siglo XVII, pero no fue suficiente; mientras que algunos aspectos se dinamizan –hornos de reverbero, entibación, planos, etc.–, otros permanecen estancados, cual es el caso del desagüe y la tardía introducción de la máquina de vapor. Incluso la renovación afecta a sólo unas pocas minas (las del Estado), quedando otras (sobre todo, las privadas) en una pobreza de medios muy notable. No hubo prácticamente aportación de capital y las inversiones extranjeras se revelaron particularmente especulativas o poco exitosas. Pero incluso en las minas del Estado, el capital se quedó corto o se malgastó por mala administración.

II

La minería en la América española

La explotación minera seguirá siendo –como desde mediados del siglo XVI– el eje económico central del sistema colonial en América durante el siglo XVIII, si bien la introducción de nuevos productos exportables –cacao, añil, azúcar, cueros– en la

segunda mitad de la centuria disminuirá su peso relativo. En cualquier caso, la minería americana en su conjunto tuvo una importancia económica y productiva –tanto en términos absolutos como relativos– incalculablemente mayor que la española.

En el siglo XVIII, Nueva España y Perú produjeron la mayor parte de la plata extraída en América, pero se consolida una tendencia que comenzaba a apuntarse en la centuria anterior: en el XVI se afirma la hegemonía de la plata sobre cualquier otro metal y la preeminencia del Perú sobre el resto de los territorios americanos; en el XVII continúa –como seguirá sucediendo hasta el final del tiempo colonial– el predominio argentífero, pero el Perú comienza a perder terreno frente al alza de México, algo manifiesto ya en la segunda mitad del siglo. El XVIII será el del completo triunfo de la Nueva España por contraste con el relativo oscurecimiento del territorio andino.

En Nueva España la producción argentífera siguió una marcha ascendente durante toda la centuria, con un decenio de estancamiento entre 1760 y 1770; a partir de entonces la expansión continuó –con un ápice en el quinquenio 1805-1810– hasta que la insurgencia dio lugar, en la década de 1810-1820, a una recesión de la que la minería de plata mexicana no se recuperará hasta muy avanzado el siglo XIX. El éxito novohispano fue tal que la producción de 1805-1810 quintuplicó la del primer quinquenio del XVIII e hizo que a finales de siglo en México se extrajera en torno al 60 % de toda la plata mundial[37].

En el Perú, la evolución fue también ascendente, pero en proporciones más modestas. Lo más llamativo fue el descenso lento pero continuado de la producción en la que había sido la mina hegemónica desde el siglo XVI, Potosí, y en otras que desde entonces la habían acompañado, como Oruro, mientras que el conjunto se sostuvo en ascenso gracias sobre todo a la incorporación de nuevas explotaciones situadas en el denominado Bajo Perú: Cerro de Pasco, Hualgayoc, Huarochiri, Cailloma, Huamanga, Puno, etc. Esta región pasó de producir un 15 % del conjunto del Perú a más de un 50 % a finales de siglo.

II.1. Plata en Nueva España

La minería novohispana alcanzó el éxito productivo en medio de dificultades crecientes que se manifestaron sobre todo en la segunda mitad de la centuria y que eclosionarían en el XIX: en primer lugar, el aumento de la profundidad de los trabajos –minas que a mediados de siglo se trabajaban a entre 84 y 117 metros, en la última década lo hacían ya a más de 400–, de modo que los costes del desagüe, de la extrac-

37 A. von Humboldt, que conocía muy bien tanto la minería novohispana como las más importantes explotaciones de la Europa central, valoraba así el desnivel entre una y otras: «Si pudieran transportarse estas últimas [Sajonia, Harz y Hungría] en medio de los grandes laboríos de Guanajuato, de Catorce o de Real del Monte, serían en cuanto a su riqueza y cantidad de productos, tan poco notables para los habitantes de la América como lo es la altura de los Pirineos comparada con la de las cordilleras [Andinas]»; A. von HUMBOLDT: *Ensayo político sobre el Reino de la Nueva España,* México, 1984.

ción del mineral o de la ventilación interior se convertían en astronómicos. En segundo lugar, y siguiendo una norma inexorable de los yacimientos argentíferos, la ley del mineral descendió mucho a lo largo de los años[38]; había, pues, que extraer una cantidad mucho mayor para conseguir la misma plata, con el consiguiente incremento de gastos. Y en tercero, el precio de la plata –en los mercados más importantes (Londres, Hamburgo y Amsterdam)– no hizo sino descender, lo que estrechó aún más el margen de beneficio de las empresas[39].

Frente a estas circunstancias, la minería mexicana logró incrementar la producción gracias a la alianza de varios factores: descenso notable del precio del mercurio –posibilitado por el incremento extractivo de Almadén– y de los salarios reales de una mano de obra que era casi en su totalidad libre[40], lo que contrarrestó en parte la elevación de los costes de producción; mayor fluidez en la financiación, tras la creación de un banco específicamente destinado a otorgar préstamos a los empresarios mineros (el Banco de Avíos); decidido apoyo de la Corona, manifestado en reducciones impositivas, la creación de instituciones privilegiadas, la promulgación de nuevas ordenanzas mineras en 1783 que favorecieron la mejor organización del sector y la reducción del precio de la pólvora –monopolio estatal, como el mercurio–; crecimiento del tamaño de las empresas mineras –las diez mayores empresas contaban con un capital superior al millón de pesos y una fuerza laboral de más de mil trabajadores–; y aparición de las primeras sociedades de accionistas de tipo moderno. Sólo en parte los éxitos productivos se debieron a las innovaciones técnicas.

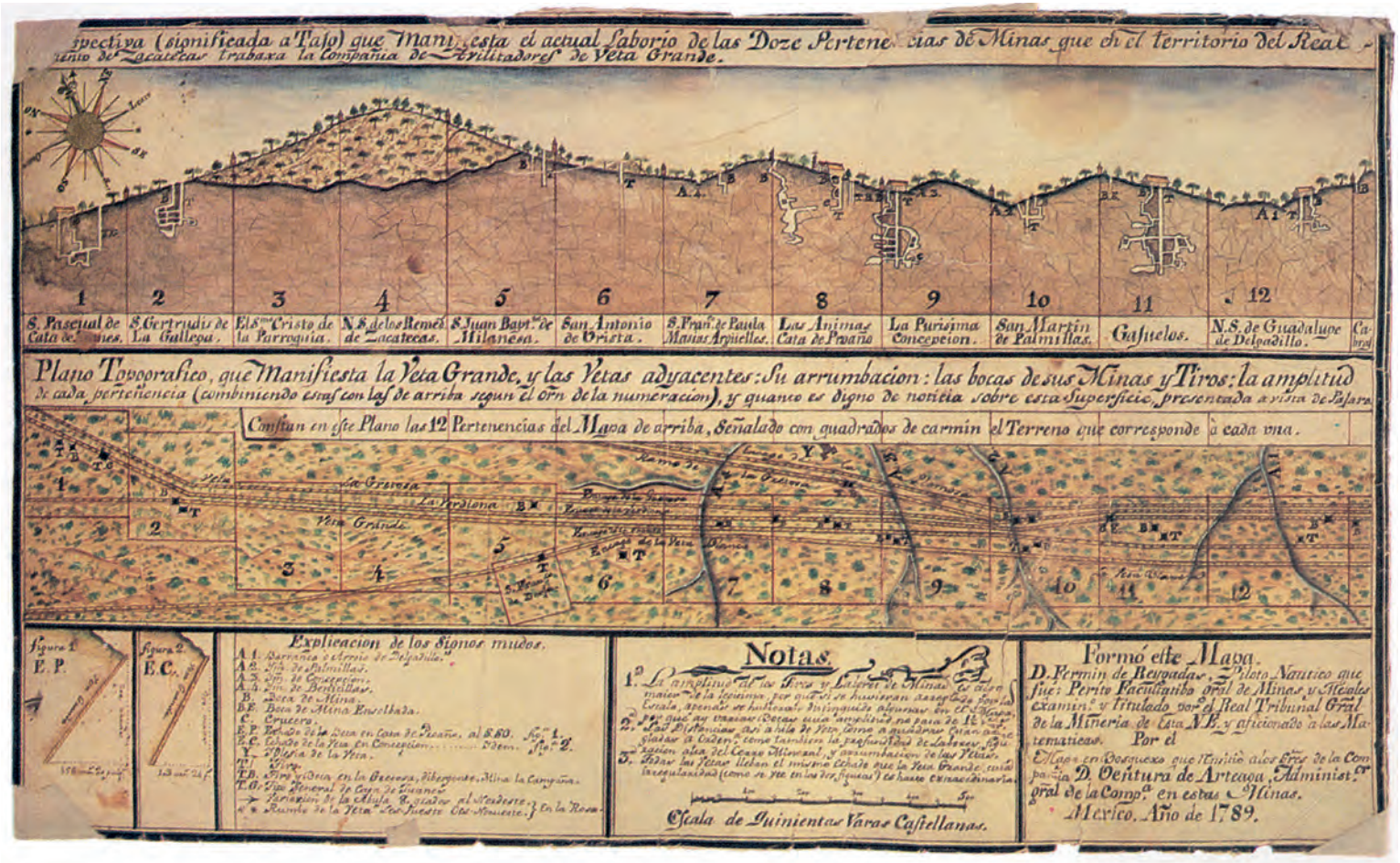
Según uno de los mejores estudiosos de la minería mexicana dieciochesca, D. Brading[41], las minas estaban, desde el punto de vista tecnológico, muy por detrás de sus contemporáneas europeas. A. von Humboldt, que las visitó en el cambio de siglo, apuntó primitivismos e ineficacias muy notables esencialmente en tres apartados: transporte, desagüe y planimetría subterránea. En el derribo se había introducido, con mucho retraso (no sólo en relación con la Europa del norte, sino incluso con España), el derribo con pólvora (1730 en Guanajuato). Éste fue, desde luego, un avan-

38 J. SÁNCHEZ GÓMEZ y R. PIEPER: «¿Tras las huellas de un espejismo? La minería en Nueva España y Europa Central en la segunda mitad del siglo XVIII», *Jahrbuch für Geschichte Lateinamerikas*, 37, 2000, pp. 49-72.

39 Vid. J. SÁNCHEZ GÓMEZ y R. PIEPER: «¿Tras las huellas...?»; J. H. COATSWORTH: *Los orígenes del atraso. Nueve ensayos de historia económica de México en los siglos XVIII y XIX,* México, 1990; R. J. SALVUCCI: «The Real Exchange Rate of the Mexican Peso, 1762-1812. A Research Note and Estimates», *The Journal of European Economic History,* 23, 1994, pp. 131-140.

40 La característica de "libre" de los trabajadores mineros mexicanos era más bien teórica. Si bien ya no existía en la Nueva España una compulsión organizada semejante a la mita peruana, cuando los grandes mineros se quejaban de falta de trabajadores se producían redadas sostenidas por las autoridades coloniales que auténticamente cazaban a todo aquel que no demostrara que tenía un empleo con algún hacendado o minero y lo conducían forzado a trabajar en una explotación.

41 D. BRADING: *Mineros y comerciantes en el México borbónico (1763-1810)*, México, 1975.



5.10. Descripción realizada para acometer obras de renovación y desagüe. Consta de dos vistas: *1) «Perspectiva (significada a tajo) que manifiesta el actual laborio de las doce Pertenencias de las Minas que en el territorio del Real Asiento de Zacatecas trabaxa la compañía de Avilitadores de Veta Grande»; y 2) «Plano topográfico [...] presentado a vista de pájaro». Dibujo de D. Fermín de Reygada, piloto náutico que fue: perito facultativo general de Minas y Metales, examinado y titulado por el Real Tribunal General de Minería de esta Nueva España y aficionado a las Matemáticas, México, 1789 (Archivo General de la Nación, México, n.º de catálogo 2766).*

ce muy importante que permitió el desmonte de ingentes cantidades de mineral en las grandes obras subterráneas que dieron fama a las minas de Nueva España. El uso de la pólvora no era diferente del de las minas europeas y ninguno de los comentaristas de minería lo tuvo por especialmente atrasado. El pico se utilizaba profusamente, ya que frente a vetas de potencias realmente asombrosas, de hasta 29 metros, se encontraban otras de menos de un metro, y algunas que no tenían más que unas pulgadas y que no eran tan susceptibles de ser trabajadas con pólvora[42].

El método de excavación en las grandes minas novohispanas no era, por tanto, muy diferente del practicado en Europa y así lo atestiguaba Fausto de Elhuyar, que conoció bien ambos[43]. Tampoco el sostenimiento de pozos y galerías[44]. Era el transporte uno de los sectores en el que aparecían significativos arcaísmos: casi todo se realizaba a espaldas de trabajadores. La razón estribaba en el sistema de perforación "a hilo de veta" –continuar la dirección de la veta mineral–, que excluía la planificación de las labores y producía unos diseños intrincadísimos de galerías. Salvo los tiros verticales, nada había en la minería novohispana parecido a una planificación de pozos y galerías, tal como se usaba ya en las minas de la Europa central o incluso en Almadén. Se tenía cuidado en mantener algunos pilares de mineral en pie para sostener las galerías, aunque también éstos eran muchas veces socavados por los propios trabajadores con grave peligro para los túneles. La causa principal que los contemporáneos apuntan para esta situación era la absoluta falta de peritos de minas conocedores de la planimetría antes de la creación del Colegio de México, ya en el tránsito entre dos siglos. Todavía a comienzos del XIX, Humboldt se refería a lo indispensable que sería disponer de planos levantados por geómetras para mejorar los desagües y prevenir los derrumbes.

Este desconocimiento llevaba a errores de planificación a veces fatales y siempre causa de notables elevaciones de costes. Además, se ejecutaban túneles y socavones mucho más amplios de lo necesario por creer que mayores diámetros provocarían mayor entrada de aire y, como consecuencia, mejor ventilación de las labores. Tiros de 27 metros en cuadro de ancho no eran raros[45].

---

[42] A. von HUMBOLDT, *op. cit.*; J. PÉREZ MELERO: *Cambio tecnológico y estructura minera en México en la transición de la Colonia a la República (1767-1849)*, tesis doctoral inédita presentada en la Universidad de Salamanca en 2002 y en prensa actualmente en la Universidad de Valladolid.

[43] F. de ELHUYAR: *Reflexiones sobre el trabajo de las minas y operaciones de beneficio en el Real de Guanajuato*, Archivo General de la Nación de México, Minería, 2.241.

[44] A. von Humboldt escribía (*op. cit.*): «La mampostería que se emplea en los tiros y los cañones –principalmente en las minas de Guanajuato y Real del Monte–, especialmente el ademe de cal y canto merece muchos elogios. Las claves de los arcos se ejecutan con mucho cuidado y en esta parte las minas de Guanajuato pueden competir con todo lo más perfecto que se ve en Freiberg y Schemnitz».

[45] Humboldt criticó esta forma tan desmesurada de excavación: «Los tiros y más aún los cañones de Nueva España tienen el defecto de dar a su abertura dimensiones demasiado grandes, causando,

El desagüe era otra faceta objeto de críticas por su falta de eficacia. Aparte de la extracción de agua y mineral a hombros de trabajadores, común en las pequeñas labores y utilizado aun en las de mayor envergadura, el único sistema mecánico utilizado en las minas novohispanas era el denominado "malacate", una máquina descrita ya por Agrícola en 1556[46]. Consistía en un torno con un eje vertical que descansaba sobre un guijo de hierro, eje sobre el que se montaba un tambor o devanadera mediante varas paralelas o ruedas perpendiculares; en dicho tambor se arrollaban en sentidos opuestos dos sogas que corrían hasta unas poleas colocadas en la vertical de la boca del pozo, desde donde las sogas descendían a plomo portando cada una una zaca de cuero; el arrollado de las sogas permitía que una zaca actuara de contrapeso de la otra. Todo el conjunto era movido por mulas, dos si se trataba de un malacate pequeño o cuatro si era grande[47]. En torno a la eficacia de esta máquina se produjo una polémica: mientras que unos la consideraban primitiva, ineficaz y dispendiosa, otros pensaban que se adecuaba perfectamente a las condiciones locales de la minería. Las opiniones más conocidas fueron las encabezadas en los años 80 por dos de los más encumbrados ilustrados de la colonia, el presbítero José Antonio de Alzate y el director general del Tribunal de Minería, Joaquín Velázquez de León, en la *Gazeta de México* y en la *Gaceta Literaria*[48] de la misma ciudad. El principal problema del malacate era su alcance, limitado por la longitud de las sogas, el peso de éstas y la potencia que podían desarrollar cuatro caballerías como máximo. Velázquez tomó para sí la defensa de la ancestral máquina y llegó a mostrar que las mejoras que se pretendían introducir eran antieconómicas.

Demostrado, como parece, que el malacate, tal como se construía en Nueva España, era la máquina más adecuada para el transporte vertical, no se planteó seriamente mejorarlo antes del cambio de siglo. Hubo algunas modificaciones muy puntuales en la construcción, que cambiaron muy poco su sustancia: se llegaron a poner en funcionamiento botas de malacate con válvulas desaguadoras en 1786 o se ensayaron malacates con cilindros formados con barras[49].

La alternativa al malacate en el transporte vertical no se planteó en su perfeccionamiento sino en su sustitución. Y en ésta, las únicas máquinas consideradas capaces de mejorar su efectividad eran las de columnas de agua y las de vapor. Las primeras

---

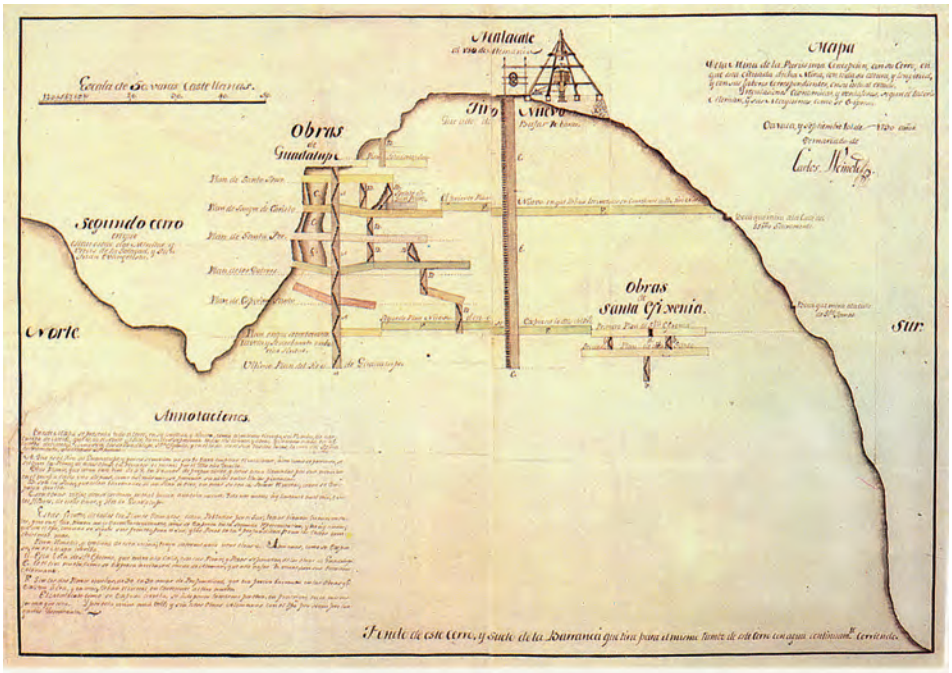
por consiguiente, gastos exorbitantes. En la Valenciana [Guanajuato] se encuentran cañones adelantados con el fin de reconocer una veta pobre y que tienen 8 y 9 metros de altura. Es un error imaginar que esta grande altura facilite la renovación del aire; la ventilación depende únicamente del equilibrio y de la diferencia de temperatura de dos columnas de aire que están próximas»; A. von HUMBOLDT, *op. cit*.

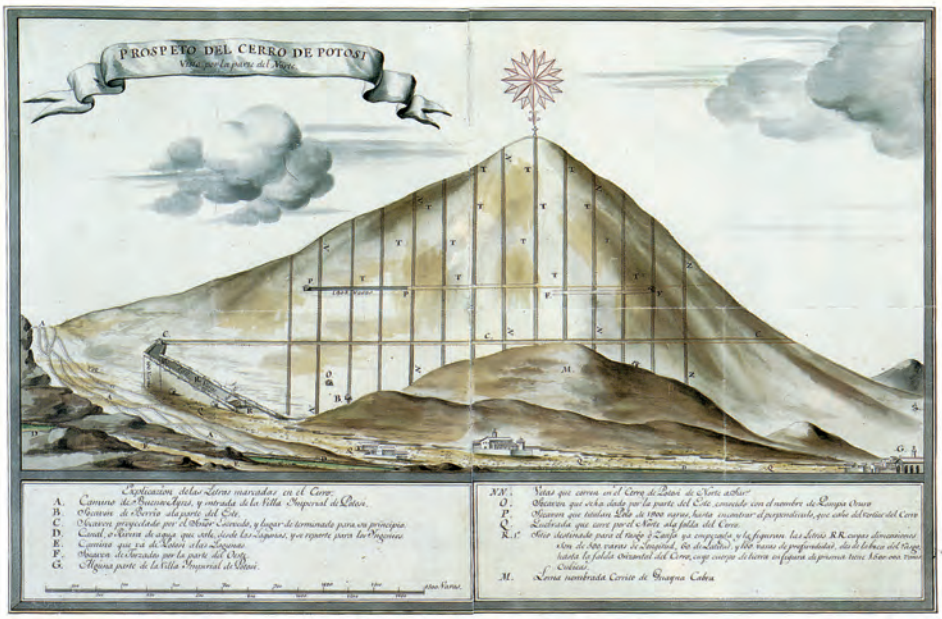
46 G. AGRÍCOLA: *De Re Metallica*, Basilea, Froben, 1556.

47 J. PÉREZ MELERO, *op. cit*.

48 Sobre la figura de Alzate, vid. J. L. PESET: *Ciencia y Libertad,* Madrid, CSIC, 1987.

49 R. SÁNCHEZ FLORES: *Historia de la Tecnología en México,* Banamex, México, 1980.





5.11. Representaciones planimétricas de la explotación de minas *en las que aparecen claramente plasmados los pozos verticales (o tiros) para desagüe, acceso y extracción del mineral, y las galerías horizontales (también denominados planos o socavones) que los cortan: 1)* **Mapa de la Mina de la Purísima Concepción,** con su cerro, con toda su altura y longitud y con sus labores. *En la parte superior, en el arranque del Tiro Nuevo se representa y explicita: «Malacate al uso de Alemania». Dibujado por Carlos Weinold, 1790 (Archivo General de la Nación, México, n.º 2763); 2)* **Prospeto del cerro de Potosí** (visto por la parte norte). *Se muestra parte de la villa imperial de Potosí (G), así como la ribera que sale de las Lagunas y canal que surte a los ingenios (Archivo General de Indias, M. y P., Buenos Aires, 121).*

constituyeron, en el tránsito del siglo XVIII al XIX, una alternativa válida al vapor en lugares –como Sajonia– donde el carbón no era abundante y resultaba caro; su inconveniente era que precisaba una gran cantidad de agua como fuerza motriz, un bien no precisamente abundante en la mayoría de las minas novohispanas[50]. A pesar de ello, el mineralogista Andrés del Río intentó construir una en la mina de Real del Monte, siguiendo modelos que había visto en la Europa central. Le acompañó a México un ingeniero flamenco, Pierre de Lachausée. Ambos llegaron a instalar una máquina que funcionó y su experimento fue un hito importante en el desarrollo tecnológico novohispano, puesto que la mayor parte de sus componentes fueron fabricados in situ, con lo que de trabajo de precisión conllevaba. El resultado fue comparado ventajosamente por Elhuyar y Del Río con el obtenido en Europa central. Sin embargo, a causa del grave inconveniente de la sequedad de los reales de minas mexicanos, reconocido por el propio Elhuyar, no tuvo más difusión que los ensayos que los empresarios Fagoaga realizaron en sus minas de Sombrerete, Proaño y Veta Grande[51]. En cualquier caso, la máquina de columnas apenas pasó del estadio de ensayo.

En cuanto a la de vapor, su existencia y características eran bien conocidas en Nueva España al menos desde la década de los 70. También fue Alzate uno de sus principales divulgadores. Pero hasta 1804 no comienza a plantearse la posibilidad de su instalación en México, ante las noticias que llegan de su éxito en Almadén. Un informe solicitado a Fausto de Elhuyar se manifiesta contrario; sus costes resultarían inabordables ante la inexistencia de yacimientos de carbón cercanos[52] y de leña en las cantidades que demandaría la máquina[53]. Plantea además los exorbitantes costes del transporte desde Inglaterra y la ausencia de una siderurgia significativa que facilitara su construcción in situ[54]. En consecuencia, opta por mantener el malacate como máquina más barata, conocida y práctica para desagüe y evacuación del mineral. Sin embargo, un contrainforme solicitado a Tomás Pérez –el introductor del vapor en Almadén–, quien nunca se desplazó a Nueva España, era partidario de esta opción[55].

---

50 En la máquina de columnas de agua, muy utilizada en las minas centroeuropeas de fines del siglo XVIII y del XIX, donde F. de Elhuyar tuvo ocasión de contemplarlas, el trabajo lo realizaba una corriente de agua que movía el pistón y éste accionaba los trenes de bombas que subían el agua. Básicamente, no es más que una prensa hidráulica de grandes dimensiones. Vid. J. PÉREZ MELERO, *op. cit.*

51 R. SÁNCHEZ FLORES, *op. cit.*

52 En ese año ya se habían descubierto indicios de existencia de yacimientos carboníferos, desconocidos hasta entonces, pero en puntos tan lejanos de las minas más importantes como Nuevo México o Texas.

53 AGN, México, Minería, 28. «Informe de Fausto de Elhuyar de 11 de abril de 1804».

54 Aun cuando Andrés del Río instaló la primera fundición en Coalcomán, en 1805, J. PÉREZ MELERO, *op. cit.*

55 J. PÉREZ MELERO, *op. cit.*.

Aunque la discusión volvió a reavivarse en 1819, la aparición de la primera máquina en Nueva España tendría que esperar hasta después de la Independencia.

La minería novohispana desconoció el amplio despliegue de maquinismo que caracterizó a su contemporánea europea: los trabajos que en ultramar se realizaban con esfuerzo humano habían sido sustituidos por máquinas. ¿Supuso esta sustitución verdaderamente una mayor productividad en las minas europeas? Un estudio comparativo que realizábamos en el año 2000 terminaba con estas consideraciones: las enormes inversiones no resultaron rentables en términos puramente económicos y la minería germana se debatía a fines de siglo en los mismos problemas de descenso de rentabilidad a los que hubo de hacer frente la novohispana desde 1750. Si esto es así, ¿serían quizá las máquinas, más que un objetivo de búsqueda de rentabilidad minera, una manifestación de prestigio y de potencia del poder de los príncipes centroeuropeos, una especie de Tizianos o Velázquez del siglo XVIII?[56]

No menos importante es señalar que prácticamente todo lo dicho (sistemas de explotación relativamente adelantados, grandes galerías y pozos, malacates para el desagüe) vale para las minas de tamaño grande y, como mucho, medio, pero que, como ha sido demostrado en estudios recientes[57], en torno al 50 % de la elevada producción mexicana de la segunda mitad del siglo se obtenía en pequeños yacimientos carentes totalmente de tecnología y donde la obtención de plata aplicaba la fundición en hornos iguales a los que se empleaban antes de la introducción de la amalgama a mediados del siglo XVI.

II.2. Plata en Perú

En el Perú, los factores negativos que hemos contemplado se acentúan. En el Alto Perú, el agotamiento de las vetas se manifiesta imparable. Es el Bajo Perú el que toma el relevo, y la antigua preeminencia de Potosí se ve sustituida por un nuevo yacimiento, el de Cerro de Pasco. Frente a las grandes empresas que extraían en torno al 50 % de la producción en México, el Perú era el dominio del minifundismo minero: el yacimiento más destacado, el citado de Cerro de Pasco, en el que trabajaban 2.470 operarios, estaba compuesto por 85 minas y era explotado por 112 empresarios[58]. Algo semejante sucedía en las demás, y así en el total del Perú se censaban, en 1799, 546 minas propiedad de 717 mineros y con una fuerza laboral total de 8.875 operarios. Ello se traducía en empresarios de capacidad muy reducida (a Miguel Espinach, de Hualgayoc, que empleaba a 167 trabajadores, se le consideraba uno de los más

---

56 J. SÁNCHEZ GÓMEZ y R. PIEPER, *op. cit.*

57 HAUSBERGER, B.: *La Nueva España y sus metales preciosos. La industria minera colonial a través de los libros de cargo y data de la Real Hacienda, 1761-1767*, Madrid, Iberoamericana, 1997.

58 Los mejores estudios sobre la minería peruana del siglo XVIII siguen siendo los de J. FISHER: *Minas y mineros en el Perú colonial, 1776-1824,* Lima, IEP, 1977, y E. TANDETER: *Trabajo forzado y trabajo libre en el Potosí colonial tardío,* Buenos Aires, 1980.

importantes; los novohispanos empleaban a miles), mucha mayor descapitalización, endeudamiento y consiguientes dificultades de inversión que en el caso mexicano.

El éxito de la minería peruana en la segunda mitad del siglo XVI y parte del siguiente obedeció, en buena medida, a la aportación de una mano de obra forzada y barata proporcionada por la mita. Desde el último tercio del XVI, la mita constituía el sistema más importante de fuerza de trabajo a las minas de Potosí y sus aledañas –también a las de mercurio de Huancavélica–. Hacia 1700, 3.000 mitayos –trabajadores sujetos a mita– eran mayoría en aquella explotación. Pero a medida que avanzaba el XVIII, este número no hizo sino descender en términos relativos frente a los mineros asalariados. En muchos casos, la asistencia del mitayo se sustituía por el pago de una cantidad al empresario, lo que constituía una forma de redención, por un lado, y una subvención estatal de hecho, por otro. A finales de siglo, la mayoría de los trabajadores mineros peruanos eran ya ajenos al sistema de la mita[59], lo que suponía dificultades de provisión de mano de obra.

Además de la ayuda en la aportación de mano de obra o su sustitución por una subvención, la Corona también apoyó a la minería peruana con rebajas impositivas, creación de un banco de préstamos y reorganización legislativa. Pero el agotamiento de los yacimientos más ricos contrarrestó estas medidas y no se pudo compensar con la puesta en explotación de otros nuevos, lo que hizo que Perú se alejara progresivamente de los niveles de extracción novohispanos.

Los problemas derivados del mal planeamiento de las labores subterráneas eran aún mayores que en el virreinato del norte. Uno de los expertos europeos llegados al Perú para reformar la minería, Anton Zacharias Helms, describía así el trabajo en el más importante de los yacimientos, el de Cerro de Pasco: «[La búsqueda de filones ricos] había inducido a numerosos menesterosos y aventureros ignorantes a taladrar innumerables agujeros en la masa del mineral, sin orden ni regularidad, de modo que era asombroso que la mina entera no se hubiese ya derrumbado, lo que ocurrirá probablemente en menos de cuarenta años; túneles aislados se derrumbaban frecuentemente causando la muerte de operarios»[60].

La mayoría de las explotaciones peruanas[61] eran túneles poco profundos y pozos inclinados, no minas como entonces podían entenderse en Europa e incluso en las grandes labores mexicanas. Ninguna de ellas consistía en un pozo vertical y galerías horizontales, ya que el método tradicional consistía en seguir los filones donde quiera que se dirigieran, en lugar de establecer su dirección para atraversarlos en puntos diferentes. Por tanto, la mina más habitual en Cerro de Pasco o Potosí

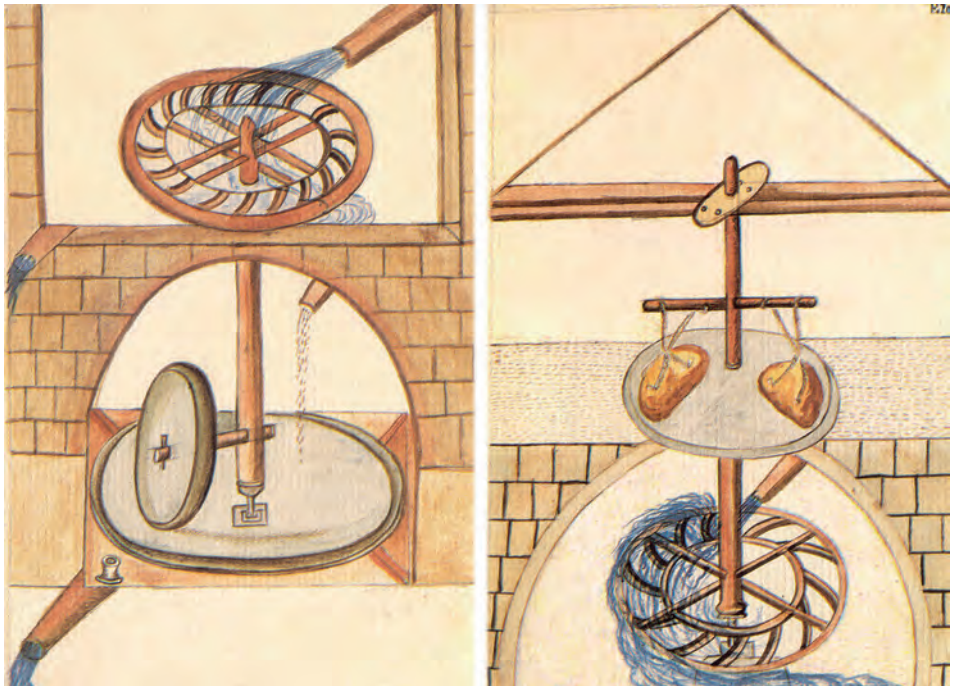
---

59 Al igual que en el caso mexicano, ello no quiere decir que no existieran otros mecanismos coercitivos para obligar a los indígenas a trabajar en las minas, por ejemplo los sistemas de adelanto de jornales que se practicaron en Cerro de Pasco.

60 En J. FISHER, *op. cit.*

61 J. FISHER, *op. cit.*

5.12. Representación de diversos planos de explotación de una mina entibada con mampostería. *Ilustra un método para trabajar las minas "inventado y practicado" por el sargento mayor de Dragones de Canta, D. Gaspar de Sabugo (AGI, M. y P., Perú y Chile, 121). La planimetría, aparecida en la Europa central en el siglo XVII, avanzó extraordinariamente en el XVIII, como puede advertirse aquí.*



5.13. Máquinas para moler el mineral de tipo* ruello *(vía húmeda) y* rastra*, movidas por rodeznos con rueda superior e inferior, respectivamente. *Introducidos en México en el siglo XVIII, los molinos de rastra se utilizaban para lograr un polvo más fino que el obtenido con el procedimiento más usual desde el siglo XVI, tanto en México como en Perú: el molino de* pisones *movido por fuerza hidráulica o por caballerías. Se usaron también rastras con cuatro piedras de forma cónica, semejantes a las almazaras de aceite peninsulares. (Colección Martínez Compañón, vol. II, estampas 104 y 109, siglo XVIII, Biblioteca del Palacio Real, Madrid.)*

–mucho más en las de menor entidad– consistía en un túnel muy sinuoso, con tendencia a descender en ángulo de hasta 45° –una pendiente vertiginosa–, según la dirección del filón. La reducida superficie que quedaba expuesta por este sistema "de ratonera"[62] era trabajada con grandes barras de hierro poco manejables y martillos para extraer el mineral[63]. Aunque la pólvora fue conocida en Perú antes que en México –se usó en Huancavélica ya en la segunda mitad del siglo XVII–, se utilizaba en muy contadas ocasiones, ya que la inestabilidad y mala construcción de los túneles la hacían muy peligrosa.

Sin tiros rectos, la introducción de máquinas como el malacate era imposible, y así todo el transporte interior, la extracción de mineral y el desagüe se hacía a hom-

62 "Rat-hole", así lo denominaron los mineros británicos que llegaron a Perú en el siglo XIX.

63 Así lo describe A. Zacharias Helms, enviado por la Corona a fines del siglo XVIII.

bros de indios –apiris– en fardos de 100 libras atados a la espalda, andando en cuclillas en los túneles pequeños o subiendo por escaleras muy inestables y sumamente inclinadas. Como mucho, se instalaron bombas manuales en las minas más importantes, únicas capaces de funcionar en aquellos laberintos. Los dibujos que se conservan del trabajo de estos indios causan auténtico pavor. La iluminación procedía de cirios de sebo que se ataban a la cabeza y que, según Helms, viciaban rápidamente y hacían irrespirable la atmósfera. Se desconocían los pozos de ventilación, lo que aumentaba las malas condiciones interiores, y muchas veces –como sucedió en Huancavélica– se abandonaba la mina simplemente cuando los operarios eran ya incapaces de respirar en los túneles.

Evidentemente, el trabajo subterráneo era de enorme peligro y los accidentes registrados fueron famosos. En Huancavelica murieron doscientos hombres en un hundimiento en 1786, mientras que en Cerro de Pasco fueron más de trescientos los desaparecidos en el colapso de la mina que recibía el expresivo nombre de "Matagente".

Paradójicamente, en este mar de arcaísmo se produjo la primera instalación de una máquina de vapor en América. En la mina de Cerro de Pasco se estaba haciendo en la primera década del siglo XIX un enorme socavón para desagüe, a fin de acceder a los niveles más bajos de las explotaciones, donde se pensaba que estaban los minerales más ricos[64]. Los propietarios decidieron encargar tres bombas de vapor "Cornish", que comenzaron a instalarse con el auxilio de técnicos británicos en 1816 y funcionaban ya a pleno rendimiento en 1819[65]. Su éxito fue notable: su instalación permitió acceder a minerales muy ricos que se encontraban por debajo del nivel del agua y la producción de plata aumentó en 1820 en un 350 % respecto al año anterior. Pero fue efímero; a finales de ese mismo año, la guerra de la Independencia llegó a Cerro de Pasco. La producción se paralizó completamente y las máquinas se destruyeron.

II.3. La metalurgia de plata en México y Perú

La metalurgia siguió combinando dos procedimientos conocidos desde el siglo XVI: la fundición[66], que tendió a ser un sistema empleado con minerales muy ricos, en los que resultaba más rentable, o en minas marginales a las que no llegaba el mercu-

---

64 J. SÁNCHEZ GÓMEZ: «La lenta introducción de la máquina de vapor en el ámbito hispánico», *op. cit.*

65 Los mineros de Cerro de Pasco tuvieron la gran fortuna de encontrar minas de carbón a muy escasa distancia de los yacimientos de plata donde estaban instaladas las máquinas.

66 La fundición era un procedimiento basado en una tostación previa para eliminar el azufre del mineral, seguida de una fundición lenta utilizando *litargirio* –sulfato de plomo, un subproducto de la tostación– como oxidante. Era el caso de los minerales denominados en América "negros" o plomizos. Si el mineral no contenía plomo o lo contenía en pequeñas cantidades, se empleaba plomo para formar el litargirio. En cualquier caso, la finalidad era conseguir galena –PbSAg–, que posteriormente se separaba de la plata en el proceso que los mineros denominaban "afinación". Vid. J. PÉREZ MELERO, *op. cit.*

rio del monopolio estatal, o como sistema sustitutorio en momentos de difícil llegada del azogue desde ultramar y la ya clásica amalgamación.

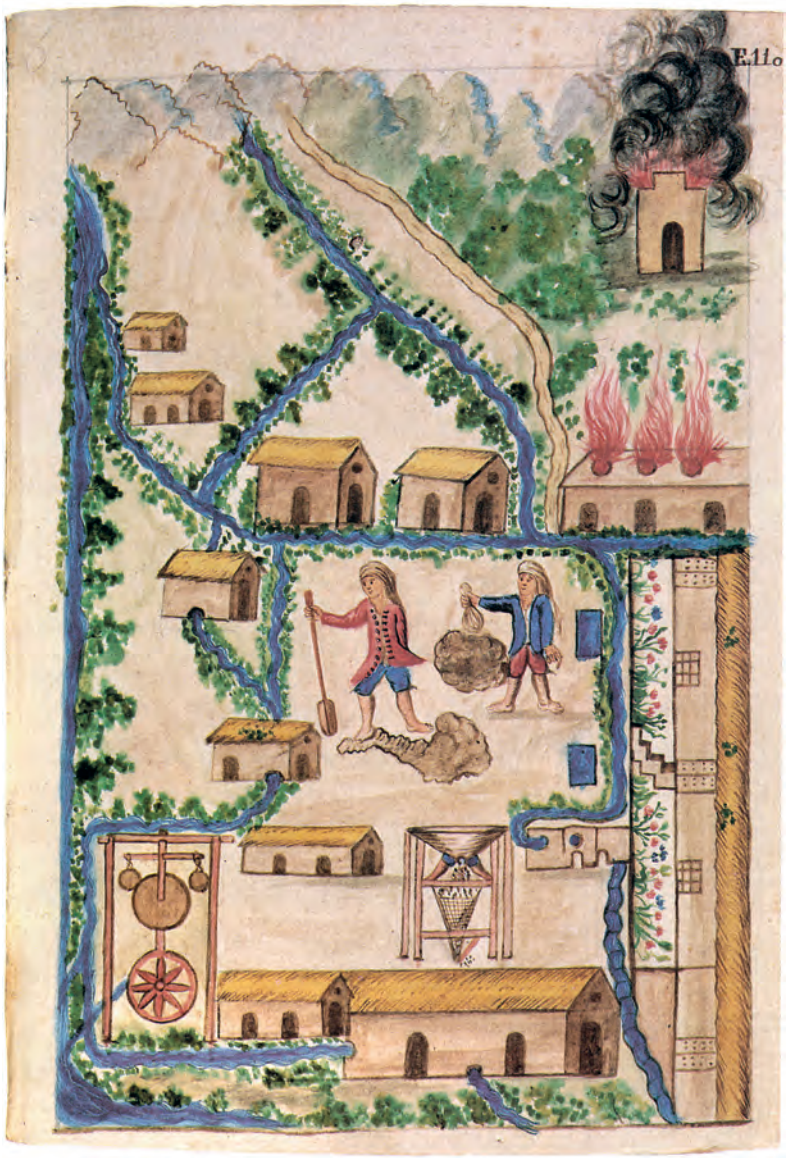
En la fundición, como en la amalgamación, se utilizaban morteros de mazos con levas –hidráulicos o movidos por animales– desde el siglo XVI, o bien un instrumento introducido en el XVIII que hacía la molienda mucho más fina, la denominada "rastra" o "arrastre", que sobre todo se aplicó en la amalgamación. Se trataba de un molino semejante al de los lagares de aceite e igualmente hidráulico o de fuerza animal. Tras la molienda, el mineral se sometía a lavado (lo que también era común con la amalgamación) para separar los núcleos de las lamas o tierras. Esta operación se practicaba en trenes de tinas de lavado –lavaderos de molinete– o en un cajón de grandes dimensiones donde desembocaba una conducción de agua y del que partía una red de canales de madera surcados en sentido transversal por entalladuras que retenían las partículas pesadas; un conjunto de cajones servía de piscinas de decantación. A continuación se producía la tostación en hornos de reverbero y la fundición en los denominados "castellanos", unos hornos simples semialtos, en los que el fuego se avivaba con fuelles. Molienda, lavado, hornos de reverbero y castellanos no habían experimentado cambios sustanciales desde el siglo XVI; éstos se construían y aquellos se practicaban tal como Agrícola los describía, a pesar de que en Europa se habían producido avances de importancia, por ejemplo en la construcción de hornos. La única innovación fue la introducida en los años 80 por el abogado y perito minero novohispano José Garcés y Eguía[67], quien añadía carbonato de sodio –en forma de natrón o álcali natural– a la fundición, lo que significaba un importante ahorro en el consumo de óxido de plomo o greta. Las ventajas de la fundición con tequesquite –el antes citado natrón– se pusieron de manifiesto en los primeros años del siglo XIX, cuando el método se implantó rápidamente en numerosos reales de minas mexicanos en los que los minerales eran ricos o donde había problemas de suministro de mercurio.

Pero fue el procedimiento basado en el uso del mercurio, la amalgamación, el más utilizado tanto en Nueva España como en Perú. Lo sustancial del proceso quedó fijado ya en los primeros momentos –1555– y sólo experimentó algunas mejoras en el sentido de ahorrar mercurio o acelerar los tiempos de su incorporación con el mineral. Quizá la innovación más importante fue la adoptada por Álvaro Alonso Barba en la primera mitad del siglo XVII, el método de "cazo y cocimiento", en caliente, que se aplicó en contadas minas. Pero el más tradicional, en frío, denominado "procedimiento del patio", había logrado un especial maridaje con la minería americana, de tal manera que la inmensa mayoría de la plata se obtenía a través de su uso.

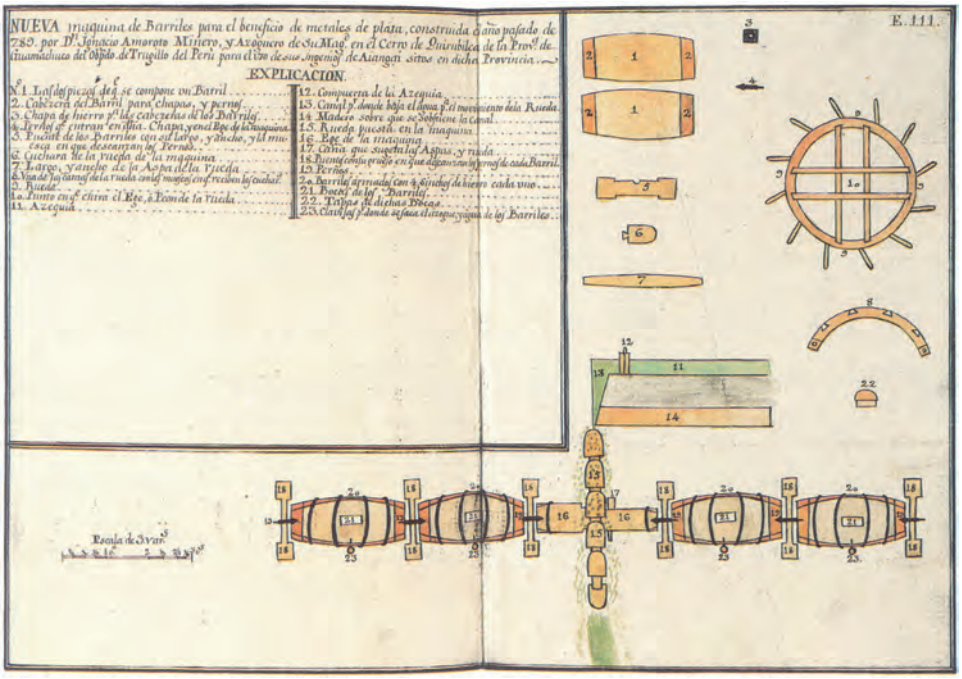
En el último cuarto del siglo XVIII, la presencia de pensionados y visitantes españoles –entre ellos, los hermanos Elhuyar y Andrés del Río– en varios destacados cen-

---

[67] J. GARCÉS Y EGUÍA: *Nueva teoría y práctica del beneficio de los metales de oro y plata por fundición y amalgamación,* México, 1802.



5.14. Las diversas fases del proceso de amalgamación en una hacienda de beneficio, *tal como se practicaba en Potosí y en general en toda el área andina en el siglo XVIII (prácticamente sin cambios desde su adopción en el XVI). El mineral extraído de la mina era triturado y tamizado para conseguir un polvo fino en máquinas como las que aparecen en la parte inferior (el molino representado es de rodezno y con rastras). Una vez molido se mezclaba con mercurio, en un proceso que en el Perú llevaban a cabo operarios indígenas con sus pies, y se esperaba un período que podía llegar a ser de varios meses. Al final del proceso, la pella de plata y mercurio se sometía a la separación de ambos elementos. Los hornos del ángulo superior derecho se utilizaban tanto para la tostación previa que se aplicaba a algunos minerales, como para la separación final de la amalgama de plata y mercurio, así como para los procesos específicos en caliente, que fueron introducidos por Álvaro Alonso Barba. La maquinaria de trituración era accionada por la fuerza del agua de un complejo sistema de presas y canales que la llevaba a todas las haciendas potosinas, tal como aquí se representa muy ingenua pero expresivamente. (Colección Martínez Compañón, siglo XVIII, vol. II, estampa 110, Biblioteca del Palacio Real.)*



5.15. Máquina de barriles para la amalgamación, *la aportación centroeuropea, del barón von Born, al procedimiento americano de extracción de plata con mercurio, cuya introducción en América por las expediciones metalúrgicas de fines del siglo XVIII se reveló muy dificultosa. Esta máquina fue construida por el minero y azoguero de Su Majestad, Ignacio Amoroto, en Quirubilca, Trujillo del Perú, en 1789. (Colección Martínez Compañón, vol. II, estampa 111, siglo XVIII, Biblioteca del Palacio Real, Madrid.)*

tros mineros centroeuropeos y los informes que enviaron a la Corte, decidieron a la monarquía a formar una comisión de expertos germanos que pasara a América para introducir allí las novedades más notables aparecidas en los procedimientos minero-metalúrgicos, especialmente las relacionadas con la fundición de minerales[68]. Pero

[68] Ello suponía en principio la opción del Estado por la fundición en el debate que por aquel entonces se producía en España y América sobre la conveniencia de sustituir amalgamación por fundición, discusión en la que Fausto y Juan José de Elhuyar y José Celestino Mutis emitieron opiniones. Este último, por ejemplo, se manifestó muy contrario a la amalgamación como tal: «[En la amalgamación] no sólo no había método ni ciencia, sino también que era incapaz de reducir a reglas científicas unas operaciones en que procedían a ciegas los que se tenían por maestros, defecto que especialmente provenía como esencial de aquel arte». Convencido del atraso de la minería americana, recomienda dejar de lado la amalgamación y sustituirla por la fundición, tal como entonces se practicaba en Europa. F. PELAYO: «Ensayos sobre los métodos de beneficio de amalgamación y de fundición realizados por don Juan José de Elhuyar y don José Celestino Mutis en Nueva Granada», en VV. AA.: *La minería en Nueva Granada. Notas históricas, 1500-1810*, Madrid, Instituto Tecnológico Geominero, 1992, pp. 97-114.

cuando estaba organizándose la expedición, llegaron noticias de las experiencias realizadas en 1785 en Schemnitz –hoy Banska Stiavnicá (Eslovaquia)– por el barón Ignatz von Born de un nuevo procedimiento de amalgamación, esencialmente el mismo de Alonso Barba, mejorado al año siguiente por el profesor de mineralogía von Ruprecht con la práctica en una máquina de barriles en movimiento que acabaría dándole nombre. La Corona opta entonces por introducir esta nueva máquina y otros adelantos técnicos y paga para ello dos comisiones a los virreinatos de Perú y Nueva España, compuestas por expertos técnicos de origen centroeuropeo.

Después de diez años de trabajos, esos expertos no consiguieron hacer funcionar las nuevas máquinas –algunas de las de barriles se introdujeron después de la Independencia[69]–, por lo que la misión fue buen ejemplo de las dificultades para la transferencia de una tecnología a un medio radicalmente diferente. Alguna –sólo alguna– de las razones del fracaso la exponía con cierta humildad uno de los componentes de la expedición a Nueva España, F. Sonneschmidt, cuando reconocía en un informe que la metalurgia, tal como la practicaban los mineros novohispanos, estaba tan adecuada a los minerales que extraían, a las condiciones del país y de sus mineros, y había llegado a un grado de adaptación tal, que era casi imposible encontrar un sistema que resultara más económico[70]. Años más tarde, cuando la Independencia interrumpa el suministro barato de mercurio desde la metrópoli, las circunstancias variarán y se hará imperioso encontrar nuevas vías para la metalurgia de la plata, en el Perú y en Nueva España. En palabras de J. Pérez Melero, el sistema del beneficio de plata en América estaba, a finales del siglo XVIII, a la altura del XVI; y no es que estuviera estancado, es que había llegado a un máximo de adaptación, flexibilidad y difusión en toda la minería de la colonia[71].

II.4. El mercurio

Fuera de la extracción de plata, la de mercurio, estrechamente vinculada a aquélla, fue la más significativa de las producciones mineras peruanas. Centrada de forma exclusiva en la mina de Huancavelica, la única explotada directamente por el Estado

---

69 T. PLATT: «The Alchemy of Modernity. Alonso Barba's Copper Cauldrons and the Independence of Bolivian Metallurgy (1790-1890)», *Journal of Latin American Studies,* 32, pp. 1-54.

70 «A lo menos no tengo embarazo de declarar que con diez años de trabajo [en Nueva España] no he podido lograr el introducir ni el beneficio de Mr. Born ni otro método preferible al patio, por más arbitrios que he empleado [...]. Beneficio más barato no lo hay en Europa. Por lo pronto será esta buena circunstancia el mayor inconveniente para los que desean introducir otros métodos más ventajosos en cuanto a los efectos [...]. No demanda pues corrientes de agua ni artífices muy hábiles ni máquinas muy compuestas ni instrumentos ni utensilios que no puedan hacerse con prontitud. Tampoco exige, como casi todas las demás operaciones metalúrgicas, peones prácticos y enseñados»; F. SONNESCHMIDT: *Tratado sobre el beneficio de los metales de plata por azogue,* Madrid, Ramón Vergés, 1825. (Hay una reedición del Colegio de México, México, 1987.)

71 J. PÉREZ MELERO, *op. cit.*

en América, su extracción no hace más que afrontar dificultades crecientes –hundimientos a causa de la mala planificación, falta de mano de obra– que neutralizan la importante innovación que había constituido a mediados del siglo anterior la introducción de los hornos de Saavedra. En el último tercio del siglo, Huancavélica prácticamente colapsa –para sostener la producción se llegaron a trabajar los pilares de sostenimiento– y el abastecimiento de mercurio a la minería de plata peruana tiene que llegar desde Europa en su totalidad.

II.5. La minería del oro

La explotación de oro se reactivó del descenso sufrido en el siglo anterior. La minería aurífera se localizaba en Chile, Nueva España –Chihuahua, Durango, Zimapán– y Nueva Granada –el Chocó–, la zona más importante de la América española. Ahora bien, a pesar de su importancia total, los porcentajes de la producción del oro respecto a la plata no hicieron sino descender desde el siglo XVI, mientras que la extracción hispana quedaba muy por detrás de la brasileña en ese mismo tiempo.

La minería del oro era en todas partes el reino del minifundismo, de la escasa o nula tecnificación y del atraso técnico. Una parte del oro se extraía de simples pozos con pico y pala, mientras que otra procedía del lavado de arenas en las acequias –"canalones"–, con bateas y la inmersión de esclavos en el cauce de los ríos para localizar los depósitos más ricos de metal. En definitiva, unas técnicas iguales a las practicadas ya en los primeros tiempos de la colonia y que descansaban sobre todo en la abundante utilización de mano de obra, en su mayoría, esclava. En la zona neogranadina de Chocó, la media de trabajadores en las explotaciones era de 50 esclavos, aunque en alguna se llegaban a superar los 500.

II.6. Cobre y estaño

La segunda mitad del XVIII contempla también por primera vez el trabajo de los metales denominados "útiles": cobre y estaño. En el norte de México y en Perú (Oruro) ya desde el siglo anterior se habían extraído ambos como auxiliares de la producción de plata, pero ahora el incremento de la demanda metropolitana, sobre todo relacionada con la política de defensa de las reformas borbónicas, unida a los déficits de la producción peninsular y al objetivo de autoabastecimiento de las citadas reformas, estimulan una nueva extracción destinada a ser exportada, que tiene su centro fundamentalmente en un territorio marginal desde el punto de vista minero: Chile, que se convierte a fines de la centuria en el principal origen de las exportaciones de cobre, mientras que el estaño procederá de los excedentes que se logran en el Alto Perú[72]. En ambos casos, se trata de minas de muy escasa entidad, trabajadas por unos

[72] Sobre la producción de estaño y cobre en América, vid. J. SÁNCHEZ GÓMEZ y C. GAVIRA MÁRQUEZ: «Cobre y estaño americanos en el marco de las reformas borbónicas metropolitanas», en Julio SÁNCHEZ GÓMEZ y Guillermo MIRA DELLI-ZOTTI (eds.): *Hombres, Técnica, Plata,* Sevilla, Editorial Aconcagua, 2000, pp. 337-360; y J. SÁNCHEZ GÓMEZ: «El cobre de Chile en su etapa

pocos operarios que a veces son también empresarios y que funden los minerales en hornos de extrema simpleza, los denominados castellanos. Su producción la entregan a comerciantes que se encargan de enviarla a la metrópoli, generalmente a través del Río de la Plata.

BIBLIOGRAFÍA

AGRÍCOLA, G.: *De Re Metallica*, Basilea, Froben, 1556.

ALCALÁ ZAMORA Y QUEIPO DEL LLANO, J.: «Producción de hierro y altos hornos en la España anterior a 1850», *Moneda y Crédito,* 128, 1974, pp. 109-205.

—«Aportación a la historia de la siderurgia española», *Moneda y Crédito,* 128, 1974, pp. 117-228.

ÁLVAREZ PANTOJA, M. J.: «Los orígenes de la industrialización sevillana. Las primeras máquinas de vapor (1780-1835)», en *I Congreso de Historia de Andalucía, 1976,* Córdoba, Caja de Ahorros, 1979.

BENTABOL, H.: «Informe de la visita girada a las minas de azufre de las provincias de Murcia y Albacete», *Boletín Oficial de Minas y Metalurgia*, septiembre-octubre 1917.

BILBAO, L. M. y FERNÁNDEZ DE PINEDO, E.: «Auge y crisis de la siderometalurgia tradicional en el País Vasco (1700-1850)», en P. TEDDE (ed.): *La economía española al final del Antiguo Régimen,* Madrid, Alianza Editorial, 1982.

BOWLES, W.: *Introducción a la historia natural y a la geografía física de España,* Madrid, 1782.

BRADING, D.: *Mineros y comerciantes en el México borbónico (1763-1810)*, México, 1975.

Centenario de la Escuela de Minas de España, 1777-1877, Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas, 1977.

COATSWORTH, J. H.: *Los orígenes del atraso. Nueve ensayos de historia económica de México en los siglos XVIII y XIX,* México, 1990.

COLL MARTÍN, S. y SUDRIÁ TRIAY, C.: *El carbón en España, 1770-1961,* Madrid, Turner, 1987.

DOBADO GONZÁLEZ, R.: «La minería estatal española, 1748-1873» (en prensa).

—«Las técnicas productivas en Almadén, 1759-1808» (en prensa).

—«El azogue en Nueva España, 1709-1805» (en prensa).

FISHER, J.: *Minas y mineros en el Perú colonial, 1776-1824,* Lima, IEP, 1977.

chilena (1550-1900)», en *La industria del cobre en la América española. México, Chile, Perú y Cuba, siglos XVI-XIX*, Morelia, Facultad de Historia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 2004.

GARCÉS Y EGUÍA, J.: *Nueva teoría y práctica del beneficio de los metales de oro y plata por fundición y amalgamación,* México, 1802.

GARCÍA TAPIA, N.: *Del Dios del fuego a la máquina de vapor,* Valladolid, Ámbito, 1992.

GONZÁLEZ TASCÓN, I.: *Fábricas hidráulicas españolas,* Madrid, MOPU/Turner, 1987.

—y FERNÁNDEZ PÉREZ, J.: *Memorias de las minas de Almadén,* Madrid, Tabaprés, 1990.

HAUSBERGER, B.: *La Nueva España y sus metales preciosos. La industria minera colonial a través de los libros de cargo y data de la Real Hacienda, 1761-1767*, Madrid, Iberoamericana, 1997.

HELGUERA QUIJADA, J.: «Tomás Pérez Estala y la introducción de las primeras máquinas de vapor en las minas de Almadén a finales del siglo XVIII», en M. GUTIÉRREZ (coord.): *Doctor Jordi Nadal. La industrialización y el desarrollo económico de España*, vol. II, Barcelona, Universitat de Barcelona, 2000.

—«Transferencias de tecnología británica a comienzos de la Revolución Industrial: un balance del caso español a través del sector energético», *Actas del VI Congreso de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas*, Salamanca, Junta de Castilla y León, 1998, pp. 89-106

HUMBOLDT, A. von: *Ensayo político sobre el Reino de la Nueva España,* México, Porrúa, 1984 (reed.).

LARRUGA, E.: *Memorias políticas y económicas sobre los frutos, comercio, fábricas y minas de España,* Zaragoza, Gobierno de Aragón-IFC-IAF, 1995 (ed. facsímil).

LINDQVIST, S.: *Technology on Trial. The introduction of Steam Power Technology into Sweden, 1715-1736,* Stockholm, 1988.

MADOZ, P.: *Diccionario geográfico-estadístico de España y sus posesiones de Ultramar,* Madrid, 1845-50.

MAFFEI, E. y RÚA FIGUEROA, R.: *Apuntes para una biblioteca española de libros, folletos y artículos, impresos y manuscritos, relativos al conocimiento y explotación de las riquezas minerales y a las ciencias auxiliares,* Madrid, Impr. de J. M. Lapuente, 1872.

MATILLA TASCÓN, A.: *Historia de las minas de Almadén*, Madrid, Instituto de Estudios Fiscales/Minas de Almadén y Arrayanes, 1987, vol. II.

MEIJIDE PARDO, A.: «La antigua minería del estaño en el Valle de Monterrey», *Cuadernos de Estudios Gallegos,* vol. XVIII, 1983 (separata).

NADAL, J.: «España durante la 1.ª Revolución Tecnológica», en VV. AA.: *España: 200 años de Tecnología,* Madrid, 1988, pp. 29-100.

PELAYO, F.: «Ensayos sobre los métodos de beneficio de amalgamación y de fundición realizados por don Juan José de Elhuyar y don José Celestino Mutis en Nueva Granada», en VV. AA.: *La minería en Nueva Granada. Notas históricas, 1500-1810*, Madrid, Instituto Tecnológico Geominero, 1992, pp. 97-114.

PÉREZ MELERO, J.: *Como nunca se ha conocido en estas minas. Cambio tecnológico en las minas de Riotinto,* tesis de licenciatura inédita presentada en la Universidad de Salamanca en 1998.

—*Cambio tecnológico y estructura minera en México en la transición de la Colonia a la República (1767-1849)*, tesis doctoral presentada en la Universidad de Salamanca en 2002 y en prensa actualmente en la Universidad de Valladolid.

PÉREZ DE PERCEVAL VERDE, M. A.: *Fundidores, mineros y comerciantes. La metalurgia de Sierra de Gádor, 1820-1850,* Almería, Cajal, 1984.

PESET, J. L.: «José Antonio de Alzate», en J. L. PESET: *Ciencia y Libertad: El papel del científico ante la Independencia americana,* Madrid, CSIC, 1987.

PLATT, T.: «The Alchemy of Modernity. Alonso Barba's Copper Cauldrons and the Independence of Bolivian Metallurgy (1790-1890)», *Journal of Latin American Studies,* 32, pp. 1-54.

SALVUCCI, R. J.: «The Real Exchange Rate of the Mexican Peso, 1762-1812. A Research Note and Estimates», *The Journal of European Economic History,* 23, 1994, pp. 131-140.

SÁNCHEZ FLORES, R.: *Historia de la Tecnología en México*, México, Banamex, 1980.

SÁNCHEZ GÓMEZ, J.: *De minería, metalúrgica y comercio de metales,* Salamanca, Universidad de Salamanca, 1989.

—«La lenta introducción del vapor en la minería española e iberoamericana», *Arbor*, 1994.

—«La técnica en la producción de metales monedables», en J. SÁNCHEZ GÓMEZ, G. MIRA DELLI ZOTTI y R. DOBADO: *La savia del Imperio,* Salamanca, Universidad de Salamanca, 1997.

—«La minería», en M. SILVA SUÁREZ (ed.): *Técnica e Ingeniería en España: I. El Renacimiento.* Zaragoza, Real Academia de Ingeniería-IFC-PUZ, 2004, pp. 439-476.

—«El cobre de Chile en su etapa chilena (1550-1900)», en *La industria del cobre en la América Española. México, Chile, Perú y Cuba, siglos XVI-XIX*, Morelia, Facultad de Historia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 2004.

—y PIEPER, R.: «¿Tras las huellas de un espejismo? La minería en Nueva España y Europa Central en la segunda mitad del siglo XVIII», *Jahrbuch für Geschichte Lateinamerikas,* 37, 2000, pp. 49-72.

—y GAVIRA MÁRQUEZ, C.: «Cobre y estaño americanos en el marco de las reformas borbónicas metropolitanas», en J. SÁNCHEZ GÓMEZ y G. MIRA DELLI ZOTTI (eds.): *Hombres, Técnica, Plata,* Sevilla, Editorial Aconcagua, 2000, pp. 337-360.

SONNESCHMIDT, F.: *Tratado sobre el beneficio de los metales de plata por azogue,* Madrid, Ramón Vergés, 1825 (reed. México, Colegio de México, 1987).

TANDETER, E.: *Trabajo forzado y trabajo libre en el Potosí colonial tardío,* Buenos Aires, Centro de Estudios de Estado y Sociedad, 1980.

TANN, J. y BRECKIN, M. J.: «The International Difusión of the Watt Engine, 1775-1825», *The Economic History Revew*, XXXI, 4, 1978, pp. 541-565.

6
Los gremios

Siro Villas Tinoco
Universidad de Málaga

En el volumen *Técnica e Ingeniería en España. El Renacimiento* abordábamos[1] de forma extensa y pormenorizada el estudio de las corporaciones artesanales, mediante un análisis evolutivo que abarcaba desde sus principios medievales –cuando fueron más conocidos como "oficios"– hasta su transformación en "gremios", que es el nombre que predominó durante la Edad Moderna. Dado que sus características estructurales fueron reflejadas en el mencionado estudio, ahora nos limitaremos a efectuar una brevísima reconsideración de lo allí expresado y a describir la evolución gremial durante el siglo XVII, para ocuparnos más específicamente en el presente trabajo de síntesis en la descripción y análisis de las vicisitudes que sufrieron las corporaciones de oficios en la España ilustrada.

I
Los antecedentes

Desde una visión un tanto idealizada, aunque sea fundamentalmente correcta, los oficios medievales fueron asociaciones profesionales que surgieron por la necesidad de superar el estrecho margen de seguridad personal que aportaba el entorno familiar de los artesanos, que al mismo tiempo debían afrontar y resolver colectivamente una situación –económica en general y laboral en particular– caracterizada por una demanda muy débil y unas materias primas escasas y caras. Las soluciones adoptadas auspiciaron un marco de actuación social en el que el trabajo, la producción y sus beneficios deberían repartirse según un planteamiento ideológico en el que primaba la justicia social sobre los intereses materiales individuales. La regulación técnica de la producción y la venta reflejaba la concepción cristiana del "justo precio" y la

[1] S. VILLAS TINOCO: «Los gremios: estructura y dinámica de un modelo gremial», en M. SILVA SUÁREZ (ed.): *Técnica e Ingeniería en España I. El Renacimiento*, Real Academia de Ingeniería, Institución "Fernando el Católico" y Prensas Universitarias, Zaragoza, 2004, pp. 91-124.

"obra bien hecha", en tanto que las relaciones internas se articulaban de acuerdo con un sistema jerarquizado, pero en el que la autoridad del maestro descansaba más en la *auctoritas* del honesto *paterfamilias* que en la *potestas* de un tiránico patrón que tan sólo buscara su propio enriquecimiento.

Debido a que nos estamos refiriendo a una sociedad y una época profundamente preocupadas por la salvación eterna del individuo, los oficios tendieron a mimetizarse con las hermandades y las cofradías, cuya misión era apoyar, en la medida de lo posible, a los trabajadores en la desgracia, la enfermedad y los accidentes laborales, y en todo caso asegurándoles un entierro cristiano y las preces necesarias para su salvación eterna. En otro orden de cuestiones –mucho más mundanas y sociales pero no por ello menos importantes y necesarias–, también les compelía a participar colectivamente en la fiesta del titular del gremio o de la cofradía, así como en otra serie de celebraciones políticas, religiosas y lúdicas, donde cada artesano aparecía encuadrado en la corporación a la que orgullosamente pertenecía; ello les confería un determinado estatus diferenciado, de acuerdo con el rango que ocupaba su oficio en el conjunto corporativo ciudadano.

Pero con extraordinaria rapidez las manifestaciones del capitalismo mercantil incidieron muy negativamente sobre los oficios, puesto que éstos eran instrumentos que habían sido concebidos para una época de grandes penurias colectivas, debido a lo cual difícilmente podrían adaptarse, sin enorme menoscabo de su estructura y organización, a una nueva situación económica. Ahora el beneficio se anteponía a la vieja utopía del "justo precio", en una coyuntura política en la cual las ciudades, el entorno urbano donde prioritariamente se asentaban los oficios, participaban, de grado o por fuerza, en la lucha por el poder entablada por unas monarquías que, con el apoyo de los poderes concejiles, trataban de afirmar su soberanía frente al enorme poder remanente de una poderosa nobleza.

En el transcurso de escasas centurias los oficios se burocratizaron, recibiendo (a veces pactando) normas privativas de funcionamiento colegiado, una legislación en que la defensa de la calidad de los fabricados era un mero subterfugio para conseguir unas posiciones de privilegio encubierto; unos reglamentos internos en los que las relaciones intracorporativas se regulaban de forma autoritaria y que tendían a limitar el acceso, teóricamente general y abierto, de los oficiales al máximo grado profesional de la maestría. Al tiempo, se consolidaban cúpulas directivas gremiales que participaban en contubernios con las oligarquías concejiles a fin de aprovecharse simbióticamente de los beneficios inherentes al control financiero que les deparaba el manejo privativo de las aportaciones fiscales de las corporaciones.

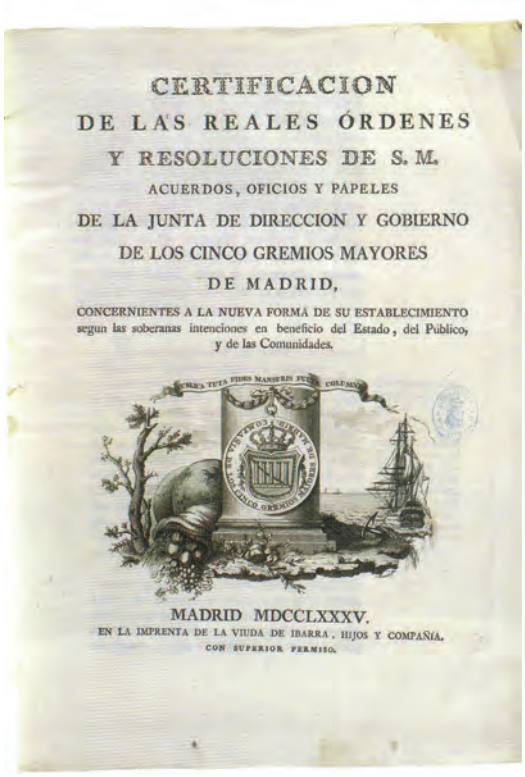
El resultado es que un asociacionismo profesional surgido con una dinámica de actuación colectiva horizontal y de sentido ascendente, que partiendo de una amplia base social llegaba a constituir una cúpula directiva consensuada, se transformó en una serie de colectivos políticamente dependientes y cada vez más manipulados por la autoridad regia y la municipal; para estos dos grupos políticos, muy poderosos, los

6.1. Xilografías representando algunos oficios barceloneses *(siglo XVIII): calderero, carpintero, herrero; alpargatero, alfarero, tejedor; sillero, picapedrero, cestero; cerero, zapatero y tonelero. Inspiradas en aleluyas, también se realizaron frecuentemente en loza común con esmalte metálico (mayólica).*

gremios no eran más que unos simples instrumentos, útiles pero prescindibles, en el contexto general del turbulento gobierno de las ciudades.

Durante el problemático siglo XVII, en los territorios de la Monarquía Católica se alternaron, e incluso en numerosas ocasiones se superpusieron, las recurrentes crisis demográficas con los continuados conflictos bélicos –generalmente finalizados en derrotas–, la manipulación monetaria de los gobiernos agobiados por las bancarrotas (el "medio general", como se le denominaba entonces) y el desorden político continuo, una conjunción de factores desestabilizadores que propiciaron una situación de desgobierno generalizado y que se sustanciaron en graves crisis económicas que fueron agudizándose de forma progresiva, al menos hasta la drástica deflación de 1680.

Las crisis de demanda acentuaron las anteriores tensiones entre los mercaderes-empresarios y los maestros de los talleres, agremiados o no, con el resultado de que las corporaciones se cerraron sobre sí mismas, agudizando las viejas tendencias oligopólicas y negándose a aceptar cualquier novedad técnica que se les planteara –un


CERTIFICACION
DE LAS REALES ÓRDENES
Y RESOLUCIONES DE S. M.
ACUERDOS, OFICIOS Y PAPELES
DE LA JUNTA DE DIRECCION Y GOBIERNO
DE LOS CINCO GREMIOS MAYORES
DE MADRID,
CONCERNIENTES A LA NUEVA FORMA DE SU ESTABLECIMIENTO
segun las soberanas intencioaes en beneficio del Estado, del Publico,
y de las Comunidades.
MADRID MDCCLXXXV.
EN LA IMPRENTA DE LA VIUDA DE IBARRA, HIJOS Y COMPAÑIA.
CON SUPERIOR PERMISO.

6.2. Certificación de los Cinco Gremios Mayores de Madrid. *En el siglo XVIII los Cinco Gremios Mayores de Madrid se convirtieron en una potencia financiera, muy alejada de la actividad gremial habitual, aunque constituyeron sociedades fabriles muy importantes.*

rechazo que no era sino un reflejo de la actitud generalizada de la sociedad estamental privilegiada–, mientras que los empresarios y los financieros buscaron en el nuevo sistema fabril la solución más adecuada para solventar sus dificultades de abastecimiento, situación que ha sido gráficamente definida como un divorcio entre el capital y el trabajo.

La involución gremial, que ya por sí misma resultaba profundamente negativa, se iba a enfrentar a una coyuntura histórica en la que nuevas formas de pensar, de sentir y de actuar constituían el motor de la voluntad política de la dinastía borbónica; una dinastía que, con mayor o menor fortuna según los temas abordados, quería implantar y consolidar un centralismo gubernamental en cuyo punto de mira se hallaban en primer término los municipios y a continuación los gremios.

II

Los gremios en la España ilustrada

En una visión epidérmica y con carácter general, los gremios dieciochescos no se distinguieron en gran medida de sus antecesores renacentistas. Pervivieron las grandes diferencias entre la Corona de Aragón (y más específicamente la ciudad de Barcelona), donde las corporaciones de oficios tenían una vida bastante activa tanto en su faceta política como en el plano económico y en su organización interna[2], y el ámbito castellano, donde el desarrollo asociativo fue mucho menor, siendo inexistente cualquier forma de vida corporativa que excediese a los temas puramente fiscales y estatutarios. De igual manera, permanecían las diferencias entre las denominadas "Artes Mayores" (por ejemplo, plateros y sederos eran "más que gremios"), las corporaciones comerciales (con importancia económica incontestablemente mayor) y los gremios artesanales, que en muchos casos superaban muy escasamente el nivel de la indigencia tanto corporativamente como en el plano individual de sus maestros.

También es preciso tener presente que gran cantidad de actividades productivas nunca llegaron a formalizarse como gremios (por ejemplo, estereros del junco, borceguineros, botoneros, regatones, silleros...), apareciendo sólo cuando eran requeridas para el pago de los impuestos derivados de su trabajo, actividades que casi siempre carecían de importancia para la economía en general, aunque ocasionalmente pudieran tener cierto interés para la comunidad local. La agremiación seguía siendo un fenómeno predominantemente urbano y ni siquiera todos los artesanos existentes

[2] Puede afirmarse sin caer en la menor exageración que el ámbito gremial de la Corona de Aragón era radicalmente distinto del conjunto de la Corona de Castilla, y que incluso en aquélla se pueden hacer sustantivas distinciones entre las corporaciones gremiales de Aragón y Valencia, que sufrieron una gran decadencia en la Edad Moderna, y las de Barcelona, que, aunque magnificadas por sus panegiristas ilustrados y mitificadas por nacionalistas posteriores, constituyeron el paradigma gremial que conformó la imagen colectiva posterior sobre las corporaciones de oficio.

6.3. San Jerónimo, patrón del Colegio del Arte Mayor de la Seda (Gremio de Velluters) de Valencia. *El conjunto de imágenes, todas decorando su precioso edificio profundamente reformado en el siglo XVIII, hacen mención directa o simbólica (capelo cardenalicio –por haber sido secretario de San Dámaso, papa– y león, aquí coronado) al santo protector. Omnipresentes en el edificio, efigies del santo o sus símbolos representativos se encuentran desde un altorrelieve sobre la entrada hasta múltiples pinturas, incluso orlando las jambas de las puertas. La imagen superior es un fresco que preside el Salón de Juntas; muestra un San Jerónimo penitente que se golpea el pecho con una piedra. En el centro abajo, "emblema heráldico" de San Jerónimo, y por extensión de los sederos.*

en una misma ciudad constituían asociaciones y formalizaban su correspondiente gremio. En cualquier caso, y esta cuestión era lo absolutamente determinante en el aspecto económico, las unidades de producción eran los talleres regidos por los maestros, debido a lo cual los gremios tan sólo constituían una superestructura que relacionaban a los maestros entre sí y facilitaban el enlace de éstos con las autoridades locales y gubernamentales.

En el *cursus honorum* habitual del mundo artesano se mantenían los tres estadios básicos: el aprendizaje, la oficialía y la maestría, quedando reservada para esta última y más importante categoría el acceso a los puestos directivos de las corporaciones. Los aprendices solían convivir con la familia del maestro, con estatus no totalmente definido entre familiar y servicio doméstico, durante un tiempo que variaba –fundamental aunque no exclusivamente– en función de la mayor o menor dificultad de la tarea a desarrollar; los oficiales ganaban un estipendio que era regulado por los maestros y vigilado (a la baja siempre) por las municipalidades, mientras se mantenían en la esperanza de ahorrar el importe del altísimo coste que comportaba la carta de examen de maestría, requisito teóricamente imprescindible para independizarse y abrir taller propio. Y a partir de la consecución de dicho rango y en función de su capacidad económica y de sus relaciones clientelares, ya estaba en condiciones de optar a una posterior incardinación en la cúpula dirigente.

La normativa gremial interna seguía conteniendo artículos específicos para cada actividad; regulaba las condiciones de acceso al oficio y el régimen interno de la corporación, incidía con absoluta prolijidad en las cuestiones relativas a la materia prima, al control de producción y posterior venta de lo fabricado; establecía los sistemas para ejercer la defensa de los intereses de cada corporación ante terceros y determinaba las funciones, capacidades, cometidos y formas de elección de las autoridades gremiales. Muy a pesar de esta apariencia de autonomía, los gremios se hallaban totalmente supeditados a los controles concejiles y al ejercido a distancia por las instituciones de la Monarquía –la suprema e incontestada autoridad–. No obstante, los maestros podían reunirse (y, de hecho, así lo hacían ocasionalmente) para establecer unas "concordias" que tenían que someter a la minuciosa fiscalización y control capitular de unos oligárquicos cabildos ciudadanos; con éstos mantenían las mejores relaciones siempre que participaran, con el menor grado posible de resistencia, a cuantas contribuciones y derramas de dinero, hombres, pertrechos y utensilios se les exigieran, tanto para el real servicio como destinadas a las urgencias ciudadanas.

Pero si el análisis de los gremios del XVIII se aborda de una manera más detallada y profunda, el panorama presenta cambios importantes, pues las corporaciones artesanas de la España ilustrada cada vez se parecían menos a los primigenios "oficios", perdiendo capacidad de actuación "política" con respecto a sus predecesores del tiempo de los Austrias, a pesar de lo limitada que aquélla había sido habitualmente.

Por otra parte, es necesario diferenciar dos etapas semiseculares. Por un lado, el denominado "primer siglo XVIII", cuando las urgencias bélicas primero, y más tarde

las dificultades y resistencias halladas para llevar a cabo la reorganización política y administrativa de la Monarquía, mantuvieron a los gremios en un segundo término en las prioridades de los reformistas; éstos siguieron aprovechándose de las facetas positivas que aquéllos brindaban al Estado, en espera de que se presentara una coyuntura política favorable para abordar la definitiva transformación de las estructuras profesionales. La segunda etapa se inició al final del reinado de Felipe V, se acrecentó con Fernando VI, durante el ministeriado de Ensenada y Carvajal, y eclosionó al llegar la Ilustración carlotercerista, cuando la ofensiva antigremial se desató sin ambages; aunque, en una paradoja que es tan sólo aparente, aparece una gran cantidad de documentos referidos a la legislación y formalización de asociaciones artesanales y comerciales, que en no pocas ocasiones ha producido una cierta confusión en las síntesis sobre los gremios.

III

Las opiniones sobre las actividades agremiadas

La enemiga antigremialista no tenía únicamente un carácter de ofensiva política, sino que se fundamentaba en la evolución del pensamiento económico. En efecto, en última instancia se evidenciaba el hecho incuestionable de que los gremios habían perdido su funcionalidad inicial. Y pese a que aún presentaban facetas beneficiosas para el Estado, aparecían como instrumentos progresivamente más anacrónicos conforme mayor era el avance de las transformaciones sociales y económicas que de una forma indefectible acercaban el final del Antiguo Régimen.

En el mejor de los supuestos, los pensadores preilustrados simplemente obviaban el papel de estas corporaciones, cuando no las atacaban directamente. Como ejemplo, el padre Cabrera (1719) aún se mostraba partidario de su mantenimiento, lo cual no le impedía criticar profundamente su funcionamiento interno, reiterando la necesidad de que los poderes públicos interviniesen para frenar su evidente degradación. Bernardino Aznar (1722), pese al básico interés recaudatorio que tiene su obra, ni siquiera los nombra, aunque era precisamente el aspecto contributivo el que hacía a estas corporaciones más interesantes para el gobierno. El marqués de Santa Cruz del Marcenado (1732) se proponía estimular la producción gremial pero con el sentido propio del mercantilismo productor, lo que de forma indirecta conllevaría la decadencia gremial, que difícilmente podría resistir la competencia de una producción estatalizada. Jerónimo de Uztáriz (1742) los presenta como el paradigma de todos los males que aquejaban a la economía, siendo el principal de ellos el de constituir un freno para la libertad de producción.

Esta última acusación anuncia la aparición de las ideas librecambistas, dando paso a la auténtica diatriba "anti" y "pro" gremial, cuyas figuras representativas fueron Bernardo Ward, Pedro Rodríguez de Campomanes, Valentín de Foronda, José Alon-

6.4. Del Colegio del Arte Mayor de la Seda (Gremio de Velluters) de Valencia*: 1) Fragmentos del espectacular pavimento cerámico del Salón de Juntas que proclama su prestigio social: La Fama (el gremio y sus productos; imagen superior derecha), en carro tirado por leones (alusión al patrón del Colegio), aparece rodeada por representaciones alegóricas de los cuatro continentes conocidos, todas en carros arrastrados por simbólicos animales: Asia (imagen superior izquierda), tirada por elefantes; África, por leones; América, por caimanes; y Europa, por caballos; 2) Piezas con los símbolos colegiales en cerámica del XVI: a) lo religioso: león y capelo cardenalicio (San Jerónimo); b) la profesión: lanzadera, hierros y tellerola.*

so Ortiz y Gaspar Melchor de Jovellanos, todos ellos encarnizadamente opuestos a su pervivencia, y Dánvila Villarrasa, Lorenzo Normante, José Colón de Larreátegui, Jaime de Capmany y Romá y Rosell, a favor de su mantenimiento.

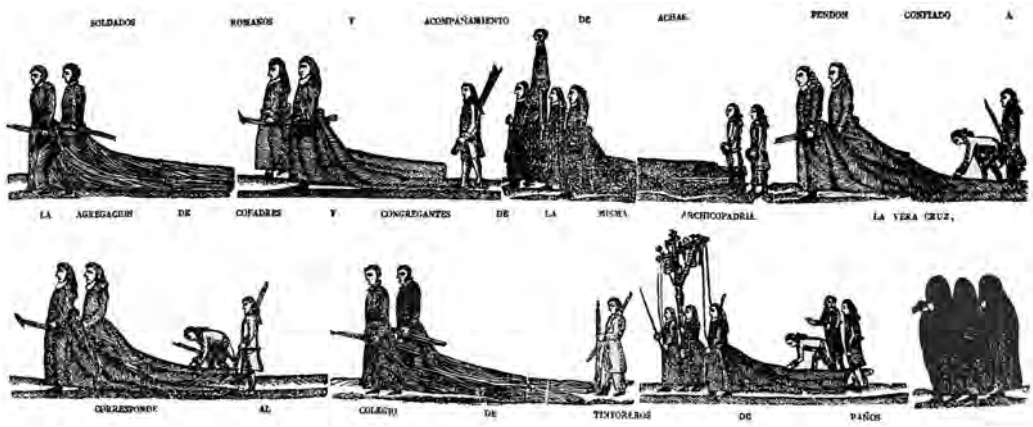
En conjunto, dado que el repaso detallado de los argumentos sería interminable, las acusaciones más fuertes eran tanto de índole económica: impedir la libertad de comercio y ralentizar la producción con un reglamentismo opuesto a la innovación,

como de naturaleza social: restringir la libertad a los agremiados, potenciar la oligarquía y el nepotismo en la cúpula gremial, originar gastos superfluos que empobrecían a los maestros, dificultar la promoción a los oficiales y aumentar artificialmente un exceso de cargas contributivas por una multitud de visitas y pleitos que terminaban por arruinar a las corporaciones.

Sus panegiristas, que no casualmente eran en su mayor parte catalanes, además de resaltar el omnipresente y definitivo argumento del honor menestral, encontraban tres tipos de utilidad básica que se derivarían de la existencia, mantenimiento y protección de las corporaciones artesanales:

- De interés para el Estado, como era la policía ciudadana, la estabilidad social, el control político, la facilidad para recaudar las exacciones fiscales, las contribuciones y derramas militares, así como el enlace del pueblo con la superioridad.
- Propicias para la economía: mantenimiento de la calidad de los fabricados y los bajos costos de producción que aseguraban el comercio; el apoyo para la ciudadanía en las frecuentes catástrofes y una mayor resistencia social en las coyunturas adversas.
- Beneficios para la sociedad en su conjunto: apoyo mutuo de las hermandades y cofradías gremiales y aumento de la religiosidad popular, que resultaría muy útil para enfrentar los nuevos aires revolucionarios que aparecían en el reino.

Ambos bandos eran conscientes de la fortaleza y la debilidad de sus argumentos, por lo que en ningún momento se discutió la posibilidad –ni siquiera la conveniencia– de erradicar las corporaciones artesanales de forma radical, aunque tampoco se trataba de mantenerlas indemnes e inmutables sin intentar su transformación positiva. Lo



6.5. Las múltiples procesiones que organizaban los gremios son muy ilustrativas de su función religiosa: *La Archicofradía de la Vera Cruz y colegio de tintoreros de paños de Barcelona, en Semana Santa.*

que estaba abiertamente en cuestión era la intensidad, la profundidad y el "tempo" de aplicación de los cambios imprescindibles para preservar el formalismo tradicional y mantener su operatividad fiscal y su control social; al mismo tiempo que se eliminaban los inconvenientes para el libre tránsito de los trabajadores y las ideas innovadoras que deberían transformar la producción hacia el modelo europeo, todo lo cual constituía un anhelo profundamente sentido por los ilustrados.

Nuestro análisis de la casuística gremial ilustrada abarcará la faceta material, las dependencias políticas, las relaciones intra, inter y extragremiales y la incidencia de las transformaciones ideológicas en el entorno corporativo.

IV

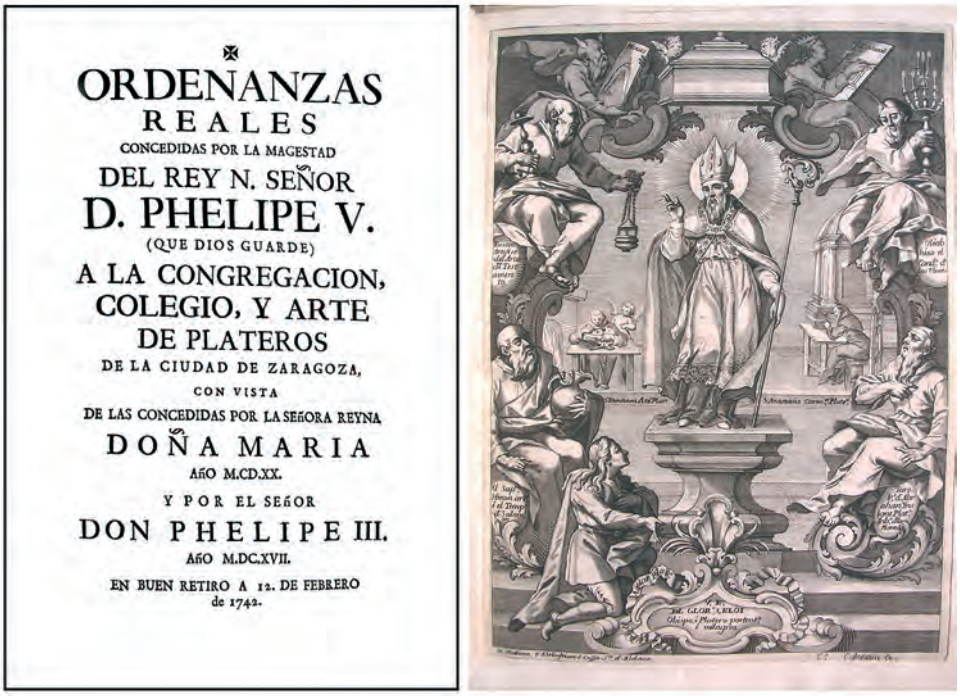
Los gremios y la economía

La opinión mayoritaria de la historiografía económica sobre los gremios les ha sido tradicionalmente negativa, resaltando sobre todo la falta de adecuación de las corporaciones y sus reglamentos a la presión de los cambios económicos, por lo cual se oponían a un progreso tan beneficioso como ineludible. Pero más recientemente han aparecido diversos estudios, nacionales y extranjeros, que preconizan la necesidad de matizar unos juicios tan negativos y rotundos. En cualquier caso, para comprender en profundidad la función que cumplían los gremios en la economía hispana del siglo XVIII es preciso tener muy presentes algunas consideraciones esenciales.

En primer término se debe recordar la inexistencia de un mercado interior en la España ilustrada, debida –entre otros factores exógenos– a una pésima infraestructura viaria y a unos transportes extraordinariamente lentos y caros, que mantenían prácticamente incomunicada a una considerable masa de población periférica, frente a un interior peninsular mucho más débilmente poblado. Ello coadyuvaba a mantener una gran parte de la población en unos niveles de demanda mínima y consolidaba una alta cota de autoconsumo en los bienes de primera necesidad.

Incluso en los núcleos urbanos, un amplio contingente de consumidores presentaba un escaso nivel adquisitivo, por lo que una parte considerable de los bienes y servicios demandados procedían del entorno más cercano, sin que ello implique necesariamente que tuviese que ser una producción de talleres agremiados. Además, en la estructura de la demanda encontramos tres niveles netamente diferenciados a) artículos (importados o nacionales) procedentes de industrias y talleres externos a la población; b) productos fabricados en los talleres locales, con independencia de que estuviesen formalizados en gremios o no; y c) bienes de primera necesidad allegados por autoabastecimiento.

El primero de estos niveles correspondía a la economía capitalista, significaba el futuro y la innovación y era el objeto de la atención prioritaria de todos los gobiernos europeos. En España estaría bien representado por las numerosas "fábricas reales"[3], que recibían diversos apoyos fiscales del gobierno para la adquisición de materia



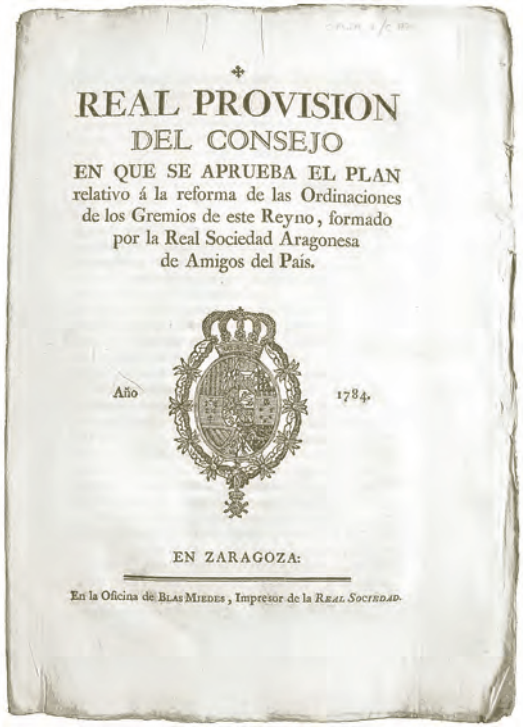
6.6. Ordenanzas concedidas por Felipe V a los plateros de Zaragoza (1742)***,*** *con la imagen de San Eloy, su patrón. (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza; fot.: M.S.S.)*

prima o la exención de impuestos en la primera transmisión. Durante la primera parte del siglo estas ayudas se concedían *ad personam*, por lo que difícilmente sus beneficios servirían para apoyar directamente a la organización gremial. Más tarde estos apoyos fiscales tendrían un carácter generalizado para el conjunto de la actividad, pero para entonces los ilustrados, siguiendo en gran medida el modelo francés, ya tenían diseñado un sistema para la transformación de los gremios en interés y beneficio del Estado.

Pasando directamente al tercer nivel, el autoconsumo, que suponía un montante económico mucho más considerable de lo que en principio pudiera pensarse –pues aún existían regiones (ciertamente periféricas) que casi ignoraban lo que era la circulación monetaria–, no puede ser objeto de nuestra atención porque, obviamente, estaba al margen de la organización gremial.

---

[3] Conviene precisar que en este término se comprenden tanto grandes instalaciones fabriles (Sargadelos, La Granja, el Nuevo Baztán, Guadalajara) como una serie de fábricas de mucha menor entidad repartidas por el reino a las que se puede aplicar el término de protoindustrias. Pero igualmente se denominaban fábricas reales una amplia copia de simples talleres artesanales que podían utilizar la apelación porque disfrutaban de algún beneficio fiscal.



✠

REAL PROVISION
DEL CONSEJO
EN QUE SE APRUEBA EL PLAN
relativo á la reforma de las Ordinaciones
de los Gremios de este Reyno, formado
por la Real Sociedad Aragonesa
de Amigos del País.

Año 1784.

EN ZARAGOZA:

En la Oficina de Blas Miedes, Impresor de la Real Sociedad.

6.7. La interacción entre algunas sociedades económicas y los gremios *fue muy importante: Aprobación del plan para la reforma de las ordenanzas de los gremios elaborado por la Real Sociedad Aragonesa de Amigos del País, Zaragoza, 1784. (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza; fot.: M.S.S.).*

Por tanto, nos queda una franja central de necesidades, que podríamos denominar "demanda de base", que representaba una parte sustancial de la economía ciudadana y era la que sustentaba la producción artesanal, no tanto por su dinamismo cuanto por su tradición. Por otra parte, y dado que las necesidades de la población eran elásticas y estaban directamente influenciadas por la demografía y por la coyuntura económica, que (en líneas generales aunque con matices) se considera que fueron alcistas durante una parte de la centuria, lógicamente este panorama satisfactorio debería haber promovido el desarrollo gremial. En apoyo de esta tesis se constata que después de finalizar la guerra de Sucesión proliferaron los exámenes de maestría en todo el reino, una circunstancia que se repitió –aunque más matizadamente– tras los siguientes tratados de paz suscritos por la Monarquía Católica.

Pero el problema básico de la economía gremial radicaba en cuestiones de una mayor importancia intrínseca. El capital fijo de los talleres era de escasísima entidad, dado que se reducía prácticamente al herramental individual de maestros y oficiales, un simple utillaje (pues no alcanzaba la categoría de maquinaria) que no necesitaba ser reemplazado frecuentemente, puesto que la innovación era mínima y sólo debía ser sustituido en caso de rotura o pérdida. El verdadero "talón de Aquiles" de la producción artesanal estribaba en que el capital circulante de los maestros prácticamente no existía. Por consiguiente, éstos seguían produciendo en función de la demanda

–como sucedía durante la Edad Media–, a pesar de que en el siglo ilustrado el capitalismo mercantil alcanzaba el cenit de su desarrollo en España.

Obviamente, desde mucho tiempo atrás los comerciantes-capitalistas habían comenzado a financiar una producción dispersa, aprovechando los tiempos muertos del trabajo campesino (el llamado *verlag system* medieval y *domestic system* moderno), que a medio y largo plazo implicaba la destrucción irremediable del pretendido monopolio gremial urbano. Más adelante, y trascendiendo tal recurso, los comerciantes empezaron a financiar de forma directa a los maestros, adelantándoles el capital necesario para que adquiriesen la materia prima que necesitasen y para abonar los jornales de los oficiales; aunque, en consonancia con su posición dominante, sólo ellos determinaban el precio de la obra final y esta imposición rebajaba de facto a los maestros a la condición real de simples capataces de un sistema pre y protoindustrial, aunque de iure se mantenían las formas gremiales del modelo tradicional.

Esta realidad no escapaba al conocimiento de las autoridades, tanto concejiles como gubernamentales, aunque no les importaba lo más mínimo mientras se mantuviesen las ventajas, fiscales y diversificadamente contributivas, que se derivaban de la existencia de la organización gremial. Porque, por una parte, el valor de la tradición era intangible y, por otra, la necesaria dinamización de la economía podía realizarse a través de iniciativas productivas fabriles al margen de las corporaciones artesanas. De igual forma, la cambiante dinámica general del sistema económico jugaba en contra de los gremios, que no encontraban en los poderes políticos el apoyo necesario para crecer y reproducirse como hubieran necesitado para conseguir –y más aún para mantener– su utópica hegemonía productiva. En síntesis, el gremio del siglo ilustrado había perdido toda su utilidad funcional en el plano económico, y ante las autoridades aparecía como un instrumento obsoleto en su cometido productivo.

No obstante las afirmaciones anteriores, hemos mencionado que nuevos estudios matizan –al menos en ciertos aspectos y determinadas circunstancias– la negatividad de los gremios en el contexto productivo, poniendo mucho énfasis en la gran diversidad de realidades que se encubren con el apelativo "gremial", una generalización que impide la emisión de juicios de valor de ámbito colectivo y sin las debidas matizaciones. También aducen la utilidad de las corporaciones artesanales en el tema esencial de la transferencia intergeneracional de conocimientos, las ocasiones en que facilitaron los "asientos" con las autoridades militares, distribuyendo los beneficios de una forma más adecuada que cuando intervenían directamente los asentistas habituales. Y, finalmente, consideran que la proliferación de nuevos estatutos gremiales en la época ilustrada no implicaba una ambición desmedida de privilegios sino que se fundaba en su interés por conseguir un nivel de calidad que redundaría en beneficio de aquellos maestros que se atuviesen a la normativa, excluyendo del mercado a quienes ofrecían productos de una calidad inferior a la prescrita. Según esta óptica revisionista, los gremios no sólo no habrían constituido una rémora en el proceso de protoindustrialización, sino que la habrían complementado en diversas formas, momentos y circunstancias.

V

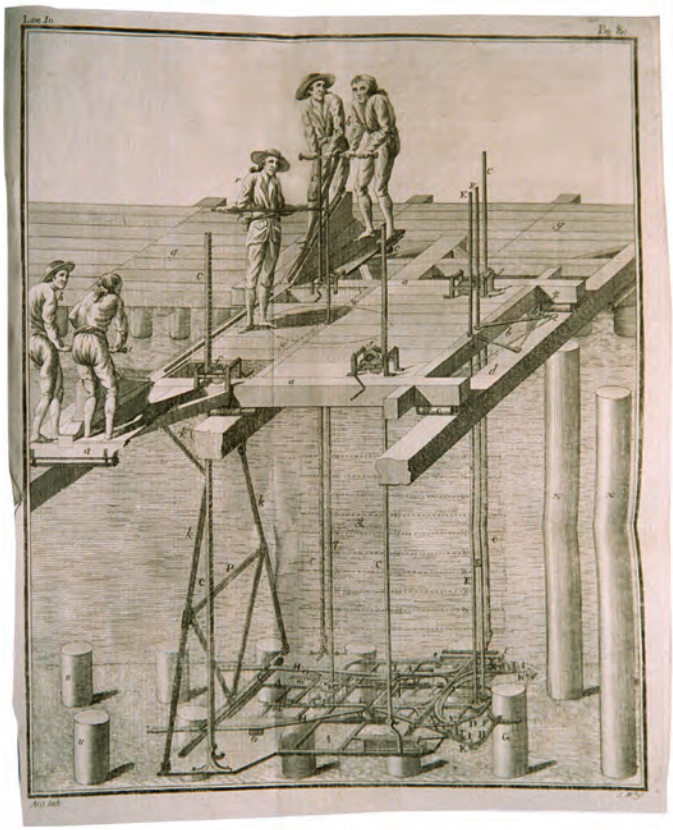
La política y los gremios

Las relaciones gremiales con el gobierno eran de la más absoluta subordinación, aunque ello no promoviese la menor empatía, siendo el fatalismo y la fe las bases de tal obediencia. Fatalismo en el sentido de que la Monarquía era considerada una institución de origen divino que debía ser obedecida siempre, sin que pudiera cuestionarse en lo más mínimo su autoridad. Una fe absoluta en que las determinaciones del soberano y de sus ministros iban siempre encaminadas a procurar el bienestar de los súbditos, aunque muchas veces éstos fuesen incapaces de comprender los beneficios que sus mandatos proporcionaban. La conjunción de ambos factores se reiteraba una y otra vez cuando los tribunales reales promulgaban órdenes y emitían sentencias a su favor, determinaciones que teóricamente eran de obligado cumplimiento, aunque muy pronto eran revocadas o sustituidas por otras de signo contrario. Este comportamiento oficial no implicaba la rebeldía de los afectados, que seguían manteniendo una confianza inquebrantable en los tribunales de justicia y que, por supuesto, volvían a plantear y costear nuevos pleitos, que igualmente terminaban resolviéndose de una forma ambigua.

La condonación de sus deudas (y eso acontecía únicamente cuando el Consejo de Hacienda tomaba conciencia de que las cantidades pendientes eran incobrables) fue el mayor beneficio que los gremios obtenían del gobierno, para el cual constituían un instrumento insustituible como agentes fiscales de la Corona: tanto si las rentas se cobraban por arriendo como si se gestionaban por administración, ellos cargaban con la ingrata pero imprescindible tarea de recaudar las cotizaciones de cada maestro o taller y de hacerlas llegar en tiempo y forma adecuadas a los arrendadores o administradores de impuestos.

Algunas veces los gremios fueron requeridos por el gobierno para que participasen en el aprovisionamiento de la Armada, el Ejército y los Presidios del Norte de África, lo que puede entenderse como una contribución favorable del Estado para la potenciación, siquiera fuese ocasionalmente, de las corporaciones artesanales. Pero lo habitual era que tales suministros se concertasen con asentistas, que a su vez trataban con los gremios, lo cual disminuía considerablemente los beneficios de estos últimos; y también en ocasiones surgieron conflictos por la calidad del material suministrado, por las dilaciones en el pago u otras diversas incidencias. En todos los casos el gobierno tomó parte por los contratistas, con los que, al fin y al cabo, le unían mayores intereses, generalmente en forma de vínculos financieros a través de clientelas y contactos poco diáfanos.

Durante el último cuarto del siglo XVIII se produjo la ofensiva ilustrada para la reforma de la organización gremial, a partir de las ideas que a este respecto mantenía el fiscal del Consejo de Castilla D. Pedro Rodríguez de Campomanes, quien en paralelo y como complemento había concebido e impulsado un proyecto para el fomento



6.8. Pontoneros fundando en agua: *Operan con una máquina para cortar a altura uniforme los pilotes bajo el agua (B. Bails,* Elementos Matemáticos*, Madrid, 1776). La técnica se desarrolló hacia 1758 en la construcción del puente de Saumur. El dibujo es una adaptación de uno de Pierre Patte (1723-1814), grabador de la* Enciclopedia *y arquitecto. (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza; fot. M.S.S.)*

de la industria popular en el ámbito rural. El modelo para estas reformas era de origen francés y se materializó de forma parecida a como se estaba llevando a efecto en una gran parte del ámbito europeo occidental, aunque con las peculiaridades nacionales y la idiosincrasia de los gobiernos de cada país. Así ocurrió en el caso hispano, en el que las urgencias francesas brillaron por su ausencia, lo que impidió los retrocesos a que se vieron abocados los gobiernos galos.

Hay que tener muy presente que en absoluto se trataba de un proyecto política y socialmente rupturista, sino que, muy al contrario, la ideas se adecuaban plenamente a la realidad socioestamental hispana, donde el elemento más innovador era la cuestión de poner en valor creciente el trabajo mecánico y conferirle una impronta de honra personal y honor colectivo para los artesanos, en un contexto ideológico que lo consideraba tan absolutamente aborrecible que conllevaba la deshonra legal y el estigma permanente para la nobleza, que a su vez era el espejo en el que se miraba

el conjunto de la sociedad; se trataría, por tanto de una racionalización reformista, realizada desde la más pura ortodoxia estamental. La tarea era ciertamente problemática por lo cual nunca se plasmó en una real orden, sino que constituyó un conjunto de ideas, propuestas, iniciativas y acciones, oficiales e institucionales en unos casos y grupales, personales y privadas en otros, orientadas a conseguir la más profunda transformación del mundo laboral.

Por una parte, se pretendía regular con el máximo detalle el funcionamiento de la producción para aumentar, cuantitativa y cualitativamente, el rendimiento de los talleres, y para ello se hacía necesario homogeneizar los reglamentos gremiales, minar la dependencia corporativa de los todavía poderosos concejos locales, reduciendo al mismo tiempo la autonomía interna de las agrupaciones laborales, de tal forma que el norte de su actuación estuviese férreamente determinado por el Consejo de Castilla.

De hecho, la directriz básica propugnaba la colegiación obligatoria tan sólo para aquellas actividades que presentasen una considerable complejidad técnica, en las que su aprendizaje requiriese muchos años y donde la plena adquisición de las destrezas ocupase a los oficiales gran cantidad de tiempo. Por el contrario, los oficios sencillos deberían adscribirse a la denominada "industria popular" y quedar libres de trabas y reglamentos privativos.

Entre las medidas propuestas figuraban la de fomentar la libre radicación de los maestros autóctonos en las ciudades y pueblos en los que su actividad fuese demandada, sin necesidad de que se sujetasen a trabas corporativas ni municipales; la regulación del trabajo femenino, incluso considerando la posibilidad de que las viudas de los maestros pudiesen proseguir con la dirección de los talleres, siempre de forma provisional y en tanto que un nuevo marido o un hijo se pudiesen hacer cargo del mismo restableciendo la tradición; también se concedería permiso de asentamiento para los maestros extranjeros que aportasen innovaciones técnicas de un cierto interés, lo que apuntaba a la tan tópica como real renuencia de los gremios a admitir, siquiera a nivel teórico, la bondad de cualquier innovación[4].

En la tarea de reformar la normativa de los gremios se contó con las sociedades de amigos del país, a través de juntas creadas ad hoc y sus comisiones internas, especialmente con la Matritense y la Aragonesa en sus respectivos ámbitos de actividad, aunque con la idea implícita de que más tarde el Consejo ampliaría el ámbito de sus decisiones, cercanas y controlables, a todo el territorio nacional. Las restantes socie-

[4] A este efecto, debe recordarse que la tradición seguía constituyendo la fuente de la juridicidad y que, a un nivel muy superior a la vida gremial, el máximo problema que hallaron los ilustrados para promover sus reformas fue el irreductible tradicionalismo de una parte sustantiva, y muy poderosa, de la alta sociedad hispana. En tal sentido, puede aducirse con total propiedad que el inmovilismo de los gremios era menos inconsecuente ideológicamente que el progresismo limitado de los gobiernos que pretendían transformar las estructuras políticas, económicas, científicas y técnicas, pero sin modificar los planteamientos sociales ni ideológicos.

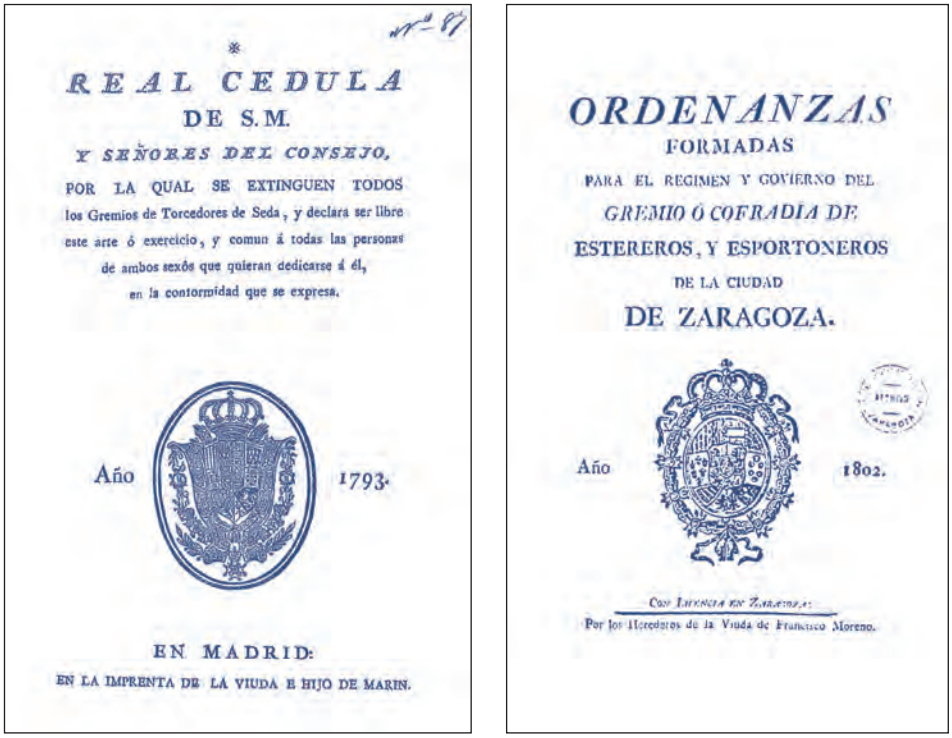
dades de amigos del país[5] dispersas por todo el reino tuvieron encomendadas las tareas de seguimiento de las actividades artesanales de su localidad, proponiendo y otorgando anualmente diversos premios, uno de los cuales sería otorgado a los artesanos que mayor número de hijos hubiesen formado en su misma profesión, lo que aparte del inmediato beneficio familiar implicaba la muy conveniente reproducción del sistema social vigente.

Otra de las ventajas que resultaría de la unificación legislativa gremial sería una mayor homogeneización en la formación básica del artesanado, para lo que se mantenía el sistema tradicional de aprendizaje, aunque complementándolo con diversos centros alternativos de enseñanza donde se pudiese profundizar en las transformaciones del sistema productivo que se considerasen imprescindibles y que no podrían ser adquiridas por el sistema tradicional propio de los talleres. Como fácilmente puede colegirse, se trataba de mantener incólume la seguridad basada en la tradición, modificando tan sólo aquellos aspectos que se opusieran frontalmente a la política de centralizar y modernizar las estructuras del Estado; parece, sin embargo, que ninguno de sus autores se dio cuenta de que las profundas contradicciones inherentes a un modelo híbrido y descontextualizado socialmente, a la par que impuesto con la habitual rigidez ilustrada, abocaban a un fracaso como el que realmente se produjo.

En un nivel inferior, la dependencia política de las corporaciones de oficios con respecto a los concejos municipales también era prácticamente absoluta, una realidad que tenía tanto raíces jurídicas como justificaciones pragmáticas. En principio, el marco normativo de los gremios descansaba en las ordenanzas municipales de sus ciudades, una legislación que en la mayoría de las ocasiones tenía una antigüedad plurisecular y, consecuentemente, no se adaptaba en lo más mínimo a las realidades y necesidades, sociales y económicas, del siglo ilustrado. Pero todo intento de cambio necesitaba el beneplácito concejil, que tenía que aprobar los acuerdos gremiales antes de canalizarlos hacia la superioridad y, por principio, toda modificación había de respetar formalmente el marco legislativo local, por lo que cualquier petición debía asegurar que lo solicitado no innovaba en lo más mínimo y tan sólo implicaba unas simples cuestiones de detalle o "perfeccionamiento" normativo, lo que en la mayoría de las ocasiones era un argumento ficticio, pero que los cabildos daban por bueno si entendían que los cambios requeridos les reportaban algún beneficio.

Pero más allá de la legislación básica, el control municipal abarcaba todas y cada una de las actividades artesanales, pues los regidores eran los sobrefieles del mes;

[5] La ingente actividad desarrollada por determinadas sociedades económicas de amigos del país, muy especialmente las dos citadas pero también la sevillana o la murciana, junto a una cierta identificación emocional del historiador con el objeto de su estudio, han difundido la idea de que todas las instituciones trabajaron muy activamente para transformar la población en que se ubicaban. En realidad, su acción fue muy desigual, debiéndose efectuar una división bipartita, de acuerdo con la cual una minoría mostró gran entusiasmo, en tanto que la mayoría arrastró una vida societaria tan poco activa como escasamente duradera.



REAL CEDULA
DE S. M.
Y SEÑORES DEL CONSEJO,
POR LA QUAL SE EXTINGUEN TODOS los Gremios de Torcedores de Seda, y declara ser libre este arte ó exercicio, y comun á todas las personas de ambos sexôs que quieran dedicarse á él, en la conformidad que se expresa.
Año 1793.
EN MADRID:
EN LA IMPRENTA DE LA VIUDA E HIJO DE MARIN.

ORDENANZAS
FORMADAS
PARA EL REGIMEN Y GOVIERNO DEL
GREMIO Ó COFRADÍA DE
ESTEREROS, Y ESPORTONEROS
DE LA CIUDAD
DE ZARAGOZA.
Año 1802.
Con Licencia en Zaragoza:
Por los Herederos de la Viuda de Francisco Moreno.

6.9. Extinción y renovación: *Extinción de los gremios de torcedores de seda (1793) y nuevas ordenanzas para los estereros y esportoneros (1802). (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza.)*

intervenían como diputados garantes de la calidad de los productos indispensables para la ciudad; ejercían como visitadores de los diferentes oficios y, en última instancia, tenían encargada la supervisión de la vida gremial tanto en su conjunto como en sus más mínimos detalles.

Otro factor determinante de la potestad concejil radicaba en su capacidad para autorizar a aquellos oficiales que aún no se habían examinado de maestros para que pudieran abrir tiendas al público mientras ahorraban el importe necesario para pagar los derechos del título. Esta indulgencia municipal constituía una válvula de escape que permitía disminuir la presión social en los momentos de sobrepresión coyuntural de la demanda, pero que al mismo tiempo les confería enorme fuerza coactiva para doblegar la ocasional rebeldía de las cúpulas corporativas. Un carácter similar, aunque de menor efectividad, tenía el control para la radicación de maestros foráneos, que en principio no podían ser rechazados si presentaban sus certificados en regla. Sin embargo, unos y otros eran plenamente conscientes de que dependían del favor capitular para obviar múltiples inconvenientes de tipo administrativo, constituyendo una punta de lanza de los intereses capitulares en las reuniones intracorporativas.

Otros diversos controles, como la presencia de los regidores en los exámenes de maestría y su posterior validación, la supervisión de las elecciones de las autoridades de los oficios (alcaldes, veedores, clavarios); la radicación de los talleres cuyas actividades fuesen consideradas insalubres o peligrosas (en especial, los pirotécnicos y tenerías); las limitaciones para exportar los productos que pudiesen afectar negativamente al abasto ciudadano (desde cereales y pan hasta tejas y ladrillos); la imposición de los precios de los artículos de primera necesidad, incluso hasta unos niveles inferiores al costo de producción; o la fabricación de productos cuyo marchamo de calidad estaba supeditado al ferrete (sellado) por parte de los diputados designados por el concejo, eran instrumentos a disposición de los cabildos para asegurar la obediencia de unos atribulados artesanos, constreñidos a recurrir a muy diversos subterfugios y colusiones para sobrevivir en unas condiciones de mínimo beneficio.

Es cierto que la obediencia a, y el cumplimiento exacto de, la normativa concejil e incluso el control de los precios era más nominal que efectivo en la mayoría de las ocasiones; pero esto era debido a la permisividad interesada de unos capitulares que tenían profundos conocimientos de los circuitos productivos de sus respectivos entornos ciudadanos e interpretaban libérrimamente su capacidad legal de tolerancia para tales formas de trasgresión, lo cual les reportaba al tiempo pingües ganancias materiales y el aumento de su poder efectivo sobre los vecinos.

A veces los concejos procuraron beneficios a las corporaciones, tanto artesanales como comerciales, cuando se transformaban en clientes directos en el suministro a las milicias; al ejercer su poder de intermediación para procurarles materias primas de difícil acceso (como el aumento de los cupos del subarrendador de hierro); al pacificar situaciones límite que a veces se producían en el entorno gremial; interceciendo ante las autoridades estatales cuando la sobrepresión fiscal alcanzaba límites difícilmente tolerables y que podían desembocar en conflictos ciudadanos; defendiendo las prerrogativas locales ante las visitas de inspección externas, como en el caso de veedores de la seda; en el reparto de soldados, al desvincular a las corporaciones artesanales de su responsabilidad en las deserciones de los hombres aportados, porque en realidad lo que hacían los oficios era recaudar el importe en que cada militar había sido tasado por la municipalidad o el gobierno y, en consecuencia, no habían tenido arte ni parte en la selección de los individuos movilizados; también, finalmente, en la movilización y avituallamiento de las milicias con ocasión de alardes y movilizaciones.

En algunos momentos muy especiales, la consideración y estima de los concejos a los responsables gremiales se escenificaba con la convocatoria de cabildos abiertos, una reminiscencia de tiempos pasados en que las corporaciones artesanas habían tenido alguna participación, más o menos efectiva pero nunca determinante, en el gobierno de las ciudades. En el siglo XVIII el concejo abierto (salvo en América) no pasaba de ser una ficción oportunista con la que las autoridades locales potenciaban la autoestima de los alcaldes y veedores, aumentando su consideración y respeto por

parte de los demás maestros del gremio, aunque la opinión que manifestasen en la convocatoria no sólo no fuese vinculante sino que no era tenida en cuenta, salvo que coincidiese con los deseos de los gobernantes.

VI

La funcionalidad social de las corporaciones de oficios

Las relaciones corporativas presentan muy diversas facetas porque implican tres niveles diferenciados, cada uno de ellos con peculiaridades y complejidades específicas.

En el plano interno los gremios formalmente reconocidos reunían a sus maestros (quizá no a todos, aunque sí a la mayor parte de los existentes en cada ciudad) en determinadas ocasiones. En primer lugar, y con una periodicidad prácticamente anual, eran convocados para efectuar los repartos de las contribuciones fiscales a que estaban obligados por su trabajo. En segundo término, cada dos o cuatro años, procedían a elegir sus cargos directivos; y sin lapso prefijado se juntaban "a voz de gremio" para acordar derramas a que debían hacer frente, como eran el reparto de soldados, las contribuciones extraordinarias, su participación en fiestas, etc. Muy ocasionalmente, y sin que ocurriese en todas ni en la mayoría de las corporaciones, se citaba a los maestros con motivo de la aparición de disfunciones internas que obligaban a pactar unas normas de obligado cumplimiento (las "concordias"), que, como se ha mencionado, deberían someterse a las autoridades concejiles para su aprobación. Por lo que conocemos, estas reuniones no siempre eran traumáticas, aunque en cualquier caso daban ocasión a que aflorasen los descontentos y se significasen los diferentes grupos o banderías en que las actividades solían estar divididas. Alguna vez la agresividad alcanzaba cotas excesivas, dando lugar a episodios de violencia que conducían a los interminables pleitos aducidos por sus detractores para descalificarlos.

Las relaciones personales en el seno de los talleres son algo que tan sólo se puede atisbar por indicios. Sabido es que, en ocasiones, hubo fuertes tensiones entre oficiales y maestros por los bajos salarios devengados y el incumplimiento de pago por algunos talleres alcanzados en su economía. En Cataluña aparecieron "gremios" de oficiales, aunque realmente tan sólo se trataba de cofradías de socorro que también presionaban a los maestros para subir los salarios, por lo que el poder municipal no sólo no apoyó sus pretensiones sino que los combatió activamente.

Pero lo habitual era que sus relaciones careciesen de acritud por muy diversas razones, entre las que sobresale el hecho incontrovertible de que una gran parte de los oficiales en camino de alcanzar la maestría eran hijos de los dueños de los talleres, a los que sustituirían de forma natural al alcanzar la cualificación necesaria. En segundo lugar, era frecuente que el aprendizaje se hubiese realizado con el mismo maestro del taller en el que trabajaba como oficial, lo cual creaba y consolidaba vínculos más

cercanos a una relación familiar que a la estrictamente profesional. Igualmente sucedía que los oficiales eran conscientes de que, en general, los maestros no gozaban de una situación material desproporcionadamente superior e hiriente, y que en caso de enfermedad o accidente el maestro solía proporcionar un adelanto para el mantenimiento de la familia del oficial afectado, aunque no estaba obligado a ello y lo reglamentado era que el accidentado o enfermo fuese ingresado en un hospital, donde recibía un tratamiento de caridad que los maestros rechazaban para sí mismos. En el caso de enfermedad de los aprendices, lo que suele convenirse en los contratos es que las dos primeras semanas correrían por cuenta del maestro y a partir de entonces debería hacerse cargo la familia o el tutor del enfermo.

Este panorama, que ciertamente aparece casi idílico, es aplicable a los pequeños talleres de tipo familiar, pues, cuando los centros de trabajo alcanzaban las dimensiones de una pequeña "fábrica", las relaciones se despersonalizaban en razón del número de los intervinientes y por la aparición simultánea de intereses opuestos. No obstante, y en apoyo de la tesis que defiende la existencia de relaciones laborales más relajadas en el ámbito gremial que las que se dieron en el entorno fabril de la época posterior, es cierto que se han encontrado más cartas de afianzamiento dadas por oficiales a sus maestros que entre dos o más integrantes de la categoría superior. Y además, cuando se trata de fianzas entre maestros, no es difícil detectar, o al menos intuir, cierta relación clientelar entre ellos o entre ambos y una tercera persona que finalmente resulta ser un financiero del sector o subsector de la producción al que pertenecen los intervinientes.

Tampoco es infrecuente hallar últimas voluntades de maestros que dejan mandas testamentarias destinadas a sus oficiales, obviamente después de haber separado la parte correspondiente a la dote de la esposa y a las legítimas de los hijos, unos subordinados a quienes con sus dádivas colocan en un nivel similar al de los sirvientes y los parientes lejanos. Puede colegirse que no es habitual este tipo de situaciones, porque el nivel económico de la inmensa mayoría de los maestros no trascendía al de un mediano pasar, pues, si bien es cierto que en grandes poblaciones (Barcelona, Madrid, Sevilla, Valencia) los maestros acomodados suponen una masa apreciable, aunque no mayoritaria, en cuyos testamentos aparecen propiedades rústicas y urbanas junto a pinturas, muebles, joyas y ropas, no es similar el panorama en las ciudades medianas y pequeñas.

Las relaciones intergremiales no eran numerosas y presentan dos polos opuestos que se corresponden con las materias primordiales que motivaban los contactos: por una parte, la íntima relación en el proceso de trabajo y, por otra, la materia prima y la fiscalidad.

En algunos subsectores de la producción, como los textiles, la madera, el metal o el cuero, el proceso para transformar la materia prima en el producto elaborado requería varios estadios intermedios con la suficiente complejidad técnica como para constituirse, pasando el tiempo y si se producía un considerable aumento de la

demanda, en dos o más gremios independientes: tejedores y tintoreros, toneleros y barrileros, zapateros y zurradores, entre otros. En tales actividades el acceso a la materia prima propiciaba reuniones intergremiales para aunar esfuerzos y capacidad económica a fin de conseguir el material necesario en las mejores condiciones posibles, aduciendo el superior volumen e importancia de la adquisición o la necesidad común de sus fabricados para el conjunto de la población. Pero esa misma materia prima podía convertirse en objeto de litigio cuando se tornaba escasa y la lucha por su monopolio desencadenaba interminables y onerosos pleitos.

También se producían situaciones muy parecidas cuando el interés gremial se centraba en las contribuciones fiscales que debían aportar, con fáciles acuerdos en lo que se refiere al interés por rebajar el monto total y fuertes tensiones cuando lo que se intentaba era desviar la mayor parte de la aportación sobre otra actividad afín, a la que normalmente se acusaba de haber ofrecido una mayor cuota de beneficios en el proceso de transformación.

Por lo demás, tan sólo cuando las autoridades concejiles convocaban a todos los artesanos para participar conjuntamente en alguna fiesta o para contribuir a situaciones específicas, se reunían las cúpulas directivas. En tales casos se ponía de manifiesto una escala de valores artesanales que, como ocurría en el contexto social estamental, generaba una "cascada de desprecios" en sentido descendente, desde los artistas hacia los artesanos y de éstos a los oficios viles y mecánicos, actitudes muy relacionadas con las mentalidades colectivas y la autoestima de cada una de las diferentes asociaciones artesanales.

VII

Los gremios y las mentalidades colectivas

Las dos ideas básicas que abordaremos en este apartado corresponden a la religiosidad gremial y al honor menestral, es decir, la autoconsideración que sentían los artesanos en relación con su profesión y a la forma en que ésta quedaba manifiesta en la normativa y en las actividades públicas de las corporaciones artesanales.

Con respecto a la primera cuestión hay que precisar que la religiosidad popular en el siglo XVIII tenía infinitamente más de emoción sentida que de doctrina pensada, lo que se sustanciaba en la conocida frase "la fe del carbonero", que puede aplicarse a la inmensa mayoría de la sociedad europea moderna. El otrora propugnado "proceso de descristianización" de la sociedad ilustrada ha sido cuestionado para casi todos los países europeos y, sobre todo, es totalmente inaplicable la España de la época, donde incluso la Ilustración autóctona contiene algunos aspectos anticlericales, pero en absoluto irreligiosidad y mucho menos ateísmo.

El problema surge cuando se intenta desvincular (o, por el contrario, identificar totalmente) el gremio con la cofradía, cuestión en la que la temporalidad y la ubica-

6.10. La función asistencial de los gremios *es evocada por* El albañil herido *(1786), fragmento del cartón de Francisco de Goya (Museo del Prado, Madrid). La función asistencial es una idea muy extendida, basada en lo dicho por unas normativas internas que tuvieron muy poca virtualidad en la práctica diaria, dada la debilidad económica de la mayoría de las corporaciones de oficios. (Posiblemente, Goya critica la indefensión de los albañiles, quizás también clama por la dignificación de su trabajo.)*

ción geográfica constituyen dos elementos determinantes. Muy en síntesis se puede afirmar que hasta el siglo XVIII el término más común y extendido para referirse a los oficios reglados era el de cofradía y que la palabra "gremio" implica un neologismo de carácter político-administrativo impuesto por el gobierno, muy particularmente en la Corona de Aragón, pero también en gran parte de los territorios castellanos.

Separados conceptualmente ambos términos, las cofradías abordaban los temas específicamente religiosos y asistenciales que, si bien en algunas ocasiones vinculaban a los profesionales de un oficio determinado, casi siempre eran instituciones abiertas a las personas de diferentes actividades. No es raro que algún gremio hiciese aportaciones especiales, en cuyo caso sus componentes obtendrían algún beneficio

6.11. Los paños de difuntos son indicadores importantes de la función religioso-asistencial de los gremios: *El paño del gremio de curtidores de Barcelona, 1764 (Museo de Historia de Barcelona).*

particular. Como una reminiscencia del pasado, vinculadas a ciertas actividades de honda raigambre en el ámbito local y con un nivel material de alta consideración, persistieron cofradías de carácter cerrado y horizontal, a las que sólo podían afiliarse quienes tuviesen una ocupación común y fuertemente reglamentada. Pero su número fue bastante escaso y siempre estuvieron radicadas en poblaciones de una cierta importancia.

De las dos funciones básicas de la cofradía: ayudar a bien morir asumiendo el tema esencial del entierro y las preces subsiguientes (aspecto religioso), y las ayudas en los momentos de enfermedad o accidente (cuestión asistencial), el primero era, con gran diferencia, el más extendido, demandado y factible, por lo que la práctica habitual era afiliarse a cuantas hermandades fuese posible, pues la cotización múltiple suponía una mayor garantía en el caso de que el óbito sucediese en el curso de un contagio pestilencial, que inevitablemente resentiría la débil economía cofrade. A partir de 1770 la legislación ilustrada tendió a separar ambas funciones, reduciendo a la disciplina episcopal la asistencia religiosa y promoviendo la creación de montepíos laicos para los temas asistenciales. Como cabe suponer, teniendo en cuenta la acen-

6.12. Real Cédula de confirmación de ordenanzas para la Cofradía de San Joaquín, de Mercaderes y Comerciantes de la Ciudad de Zaragoza *(1801), que además vinculaba a vecinos con otras actividades. El dibujo, debido a Juan Andrés Merklein (1761), representa al patrón y a la Virgen María, su hija.*

drada religiosidad popular, el desarrollo de esta iniciativa fue sumamente lento, como sucedió con la obligación de erigir los cementerios al suprimirse el entierro en las iglesias.

Los artesanos elegían su santo patrón (o patrona) en función de sus devociones colectivas de carácter local, no siendo infrecuente que una misma advocación cobijara a varias actividades relacionadas entre sí. Pero, al mismo tiempo, ciertos patronos tenían un carácter nacional, como los santos Cosme y Damián para los médicos y cirujanos, San Crispín para los zapateros o San Casiano para los docentes. San Isidro Labrador fue siempre el patrón de los labradores en Castilla, pero hasta muy tarde, en Aragón el patrón fue San Lamberto. Nadie cuestionaba que la protección divina sustanciada en un patronazgo era una condición indispensable para obtener éxitos en el trabajo y los negocios, motivo por el cual proliferaban las estampas devocionales y las pinturas con los más diversos temas religiosos, tanto en talleres como en comercios; entre ellas destacó la imagen de la Inmaculada Concepción que junto al Corpus Christi fueron las dos devociones más extendidas y arraigadas en España.

Pasando al tema del honor menestral, hay que recordar que el desprecio por el trabajo manual y los oficios mecánicos no era característica específica de la Monar-

quía Católica, si bien en la Península Ibérica tuvo una peor consideración que en los países septentrionales. Y como el honor era un elemento vertebrador cenital en la sociedad del Antiguo Régimen, la actuación de los gremios no podía por menos que mostrar, incluso estatutariamente, la estima por su actividad y la exclusión de quienes no alcanzaban los requisitos sociales básicos.

El proceso de dignificación de las actividades económicas se inició cuando en 1682 Carlos II hizo constar que la actividad mercantil no constituía obstáculo para la nobleza, si bien la misma real orden advertía que sólo tendría virtualidad mientras el comerciante no trabajase con sus propias manos, una reserva que implicaba mantener el fundamento de los planteamientos tradicionales. Un siglo más tarde, en 1773, Carlos III decretó que diversos oficios, en paralelo con los mecánicos en general, no impedirían el acceso de quienes los ejercían a puestos de responsabilidad en los cabildos ciudadanos, lo que ya debe interpretarse como una revalorización esencial –y potencialmente más efectiva– del honor menestral. Se trataba de una medida con la que se pretendía crear una mesocracia en el reino, aunque tal idea estaba lejos de constituir el ideal social del momento, por lo que para convencer al pueblo los políticos ilustrados recurrieron a la literatura e incluso al teatro, una diversión que tenía un profundo arraigo popular[6].

Artes, gremios, trabajos mecánicos y oficios viles[7] conformaban una gradación descendente en el escalafón honorífico, e incluso existían segregaciones internas en cada uno de sus umbrales. Así, aunque a una gran distancia del verdugo (pero a mucha menos de los esclavos y los gitanos o castellanos nuevos), los carniceros y tablajeros, los abastecedores de carne, mesoneros, taberneros, pregoneros, acarreadores, músicos (en Barcelona) y zapateros remendones o "de lo viejo" eran anatematizados por unos gremios que exigían la "limpieza de oficios" a quienes pretendían integrarse en su actividad, siendo aún muchos más los que imponían "limpieza de sangre" de «toda mala raza de judíos, moros, etc., así en ellos como en sus antepasados».

---

[6] Moratín en *El barón*, Trigueros en *Los menestrales*, Clavijo en *El Pensador*. Por supuesto, no se trataba de identificar el honor nobiliar con el menestral, como ponía de manifiesto un poema suscitado por la representación de *Los menestrales*: «Disgusta al noble porque advierte iguales / a los que odió su loca fantasía / y ofende al menestral porque creía / llegar a ser Marqués con sus caudales».

[7] La escala de valores variaba de unas regiones a otras, pero en general se encuadraba en las Artes a los médicos, albéitares y abogados, así como a los sederos, plateros y batihojas, entre otros. Gremios mayores (o de alta consideración social y económica) eran los de mercaderes, especieros, merceros y joyeros. Gremios de común consideración, los de la madera, metal, cuero y alimentación, en tanto que entre los oficios viles se contaban los alhameles, coreros, palanquines, cortadores o tablajeros (carniceros) y los mesoneros. Sobre ese esquema general abundaban las excepciones, y así, en diversas ciudades, muchos cirujanos eran tratados como simples barberos, o el Alto Comercio Marítimo se distanciaba de los comerciantes de vara no menos de lo que éstos repudiaban a los regatones. Algunos oficios, como los herreros, caldereros y peltreros eran despreciados por ser de etnia gitana muchos de sus trabajadores, en tanto que los peluqueros y sirvientes carecían de prestigio por su condición mayoritaria de extranjeros.

El rango social de cada oficio y la jerarquía social de las corporaciones debía ser demostrada en las fiestas y procesiones donde intervenían los menestrales. Y un signo distintivo en los gremios catalanes era el hecho de que cada una de las corporaciones importantes tenía su pendón o bandera privativa, que cuidaban con esmero y guardaban con reverencia porque en los momentos cruciales de su vida social este estandarte mostraba con absoluta claridad el estatus de su actividad: la situación que ocupaba en el cortejo mostraba a una población iletrada, pero perfectamente instruida en la simbología social, la importancia relativa de cada cual. De hecho, buena parte de los pleitos intergremiales tenía motivos de esta o de muy parecida índole.

Aunque muy generalizados, los valores estamentales fueron cambiando; si bien con una cadencia diferente en los ámbitos agrario y ciudadano, pues, mientras que en el primero el sistema permanecía prácticamente inmutable, en las poblaciones mayores los emergentes grupos burgueses iban adquiriendo progresiva conciencia de las graves limitaciones que comportaba su pertenencia al tercer estado, tanto en lo que concernía a su capacidad política como a sus intereses económicos. Por supuesto que, salvo algún brote aislado y muy tardío, no se trataba de una rebeldía contra el sistema, sino de forzar su integración en los grupos privilegiados, lo que se acometía primero con la mímesis externa del "vivir noblemente" característico de la nobleza y, para los más pudientes, con el recurso a la venalidad de los títulos nobiliarios.

Cierto es que esta transformación no estaba al alcance de la gran mayoría de los maestros artesanos, y en puridad se trataba de una voluntad personal y no colegiada, pero a medio plazo fue una vía efectiva para la disolución gremial porque lentamente se fueron imponiendo los valores individualistas, sustituyendo a los corporativistas, que habían perdido su virtualidad tanto económica como social e ideológica.

Las guerras contra la Convención francesa y de la Independencia, las Cortes de Cádiz, la "Década Ominosa" y la muerte de Fernando VII, junto con toda la serie de situaciones contradictorias que caracterizan el final del Antiguo Régimen en España, constituyeron el camino de la lenta desaparición de los gremios españoles, que si, bien fueron eliminados por una determinación política derivada del pensamiento liberal, ciertamente hacía ya mucho tiempo que no eran un instrumento que aportase soluciones adecuadas a las nuevas realidades económicas, políticas, sociales e ideológicas que habían aflorado durante la centuria ilustrada y que finalmente se impusieron en España.

BIBLIOGRAFÍA

ARGUMOSA GÁNDARA, V.: *Erudición política, despertador sobre el comercio, agricultura y manufacturas con avisos de...*, Madrid, 1743.

AZNAR, B. F.: *Discurso que formó tocante a la Real Hacienda y administración de ella*, Madrid, 1722.

BERNAL, A. M.; COLLANTES DE TERÁN, A. y GARCÍA-BAQUERO, A.: «Sevilla, de los gremios a la industrialización», *Estudios de Historia Social*, 5-6, 1978, pp. 7-307.

CABRERA. J. de: *Crisis política. Determina el más florido imperio y la mejor institución de Príncipes y Ministros*, Madrid, 1719.

CAMPILLO, J. del: *Lo que hay de más y de menos en España para que sea lo que debe ser y no lo que es. España despierta*, edición de Antonio Elorza, Madrid, 1969.

CAPMANY Y MONTPALAU, A. de: *Memorias históricas. Sobre la Marina, Comercio y Artes de la Antigua ciudad de Barcelona*, Barcelona, 1779-1792. (Reedición por la Cámara de Comercio y Navegación de Barcelona, 3 vols., Barcelona, 1961.)

—*Discurso Económico-Político en defensa del trabajo de los artesanos*, Madrid, 1778. (Bajo el seudónimo de Ramón Miguel Palacio.)

CASTRO, C. de: *Campomanes. Estado y reformismo ilustrado*, Alianza Editorial, Madrid, 1996.

EPSTEIN, S.: «Crafts Guilds, Apprenticeship and Technological Change in Preindustrial Europe», *Journal of Economic History*, vol. 58, 3, sept. 1998, pp. 684-713.

—HAUPT, G.; PONI, C. y SOLY, H.: *Guilds, Economy and Society*, Servicio de Publicaciones de la Universidad/Fundación "El Monte", Sevilla, 1998.

FERNÁNDEZ VÁZQUEZ, V.: «Cofradías de oficios en la Edad Moderna. La Cofradía de Zapateros de San Amaro de Villafranca», *Bierzo*, 16, 1999, pp. 13-17.

FORNIÉS CASALS, J. F.: *La Real Sociedad Económica Aragonesa de Amigos del País en el periodo de la Ilustración. Sus relaciones con el artesanado y la industria*, C. E. de Cajas de Ahorro, Madrid, 1978.

GARCÍA ABELLÁN, J.: *Organización de los gremios en la Murcia del siglo XVIII y recopilación de Ordenanzas*, Academia Alfonso X el Sabio, Murcia, 1976.

GONZÁLEZ ENCISO, A.: *Felipe V: La renovación de España. Sociedad y economía en el reinado del primer Borbón*, Eunsa, Pamplona, 2003.

—«Los gremios y el crecimiento económico». *Memoria y Civilización*, 1, 1998, pp. 111-137.

GUILLAMÓN ÁLVAREZ, F. J.: *Honor y honra en la España del siglo XVIII*, Universidad Complutense, Madrid, 1981.

HERZOG, T.: «Vecindad y oficio en Castilla: la actividad económica y la exclusión política en el siglo XVIII», en *Furor et rabies. Violencia, conflicto y marginación en la Edad Moderna*, Universidad de Cantabria, Santander, 2002, pp. 239-252.

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

JOVELLANOS, G. M.: *Obras completas*, II, BAE volumen 50, Madrid, 1859.

LLOMBART, V.: *Campomanes, economista y político de Carlos III*, Alianza Editorial, Madrid, 1992.

MOLAS RIBALTA, P.: «La Junta General de Comercio y Moneda: la institución y los hombres», *Cuadernos de Historia*, *Anexos de la revista Hispania*, IX, 1981, pp. 1-36.

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

MOLAS RIBALTA, P.: «Los gremios y la industria en la España Moderna», en *Industria y Epoca Moderna*, Actas, Madrid, 2002, pp. 47-61.

—«The Industrial Policy of the Board of Trade in Spain», en *The Journal of European Trade*, vol. 26, 2, 1997, pp. 269-293.

—«¿Un Ministerio de Economía en España en el siglo XVIII?», en *Pensamiento y política económica en la Época Moderna*, Actas, Madrid, 2000, pp. 125-136.

MORAL RONCAL, A. M.: *Gremios e Ilustración en Madrid (1775-1836)*, Actas, Madrid, 1998.

NORMANTE, L.: *Discurso sobre la utilidad de los conocimientos económico-políticos*, Zaragoza, 1785.

RODRÍGUEZ DE CAMPOMANES, P.: *Discurso sobre el fomento de la industria popular,* Madrid, 1774.

—*Discurso sobre la educación popular de los artesanos y su fomento,* Madrid, 1775.

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

SANTA CRUZ DEL MARCENADO, Marqués de: *Rapsodia económica, política monárquica. Comercio suelto y en compañías, general y particular, en México, Perú, Philipinas y Moscovia...*, Oficina de A. Marín, Madrid, 1732.

ULLOA, B. de: *Restablecimiento de las fábricas y comercio español*, Imprenta de Antonio Marín, Madrid, 1740.

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

UZTÁRIZ, G. de: *Theórica y práctica de Comercio y de Marina en diferentes discursos y calificados ejemplares que con específicas providencias se procuran adaptar a la monarchía española*, Madrid, 1742.

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

VILLAS TINOCO, S.: «La organización gremial y el municipio en la Edad Moderna», en *Gremios, Hermandades y Cofradías*, Excmo. Ayuntamiento de San Fernando, 1992, I, pp. 23-42.

—*Los gremios malagueños (1700-1746)*, 2 vols., Universidad y Excma. Diputación Provincial, Málaga, 1982.

WARD, B.: *Proyecto económico*, Madrid, 1779.

7

Las reales sociedades económicas de amigos del país: docencia, difusión e innovación técnica

José Francisco Forniés Casals y Antonio Manuel Moral Roncal
Universidad de Alcalá

I

La técnica y las sociedades económicas

A lo largo del siglo XVIII se incrementó de manera notable en nuestro país la publicación de obras donde la técnica en sus distintos aspectos aparecía reflejada y recogida, siguiendo la corriente europea de revisión científico-técnica emprendida por un conjunto de destacados pensadores que desde universidades, academias reales y otras instituciones sentaron las bases de la ciencia contemporánea. Aquel movimiento fue calando en las colectividades que conformaban la sociedad, y tuvo, por lo tanto, su repercusión posterior en la práctica totalidad de los sistemas productivos, lo que a su vez ha dado paso a un interés creciente por su análisis histórico, que en principio se ceñía básicamente al estudio de la evolución cronológica de los creadores y sus inventos. Sin embargo, la historia científico-técnica ha buscado nuevos enfoques del tema, por lo que también se hizo necesario analizar la difusión de las innovaciones técnicas a través de medios como el docente, verificando los logros conseguidos, así como los proyectos que fracasaron, maquinarias y herramientas que no funcionaron, y procesos que demostraron, en un determinado momento histórico, ser inaplicables, como algunos presentados para su examen en las instituciones encargadas de su revisión a lo largo del siglo XVIII.

Centrándonos en lo que a España concierne, hoy sabemos que en aquel período de vigencia de la corriente ilustrada, aunque determinadas innovaciones técnicas no tuvieran éxito, en ocasiones constituyeron preliminares necesarios para el avance de la técnica en los siglos siguientes. La dinastía de los Borbones, con una concepción más centralizada y materialista del poder, intentó fomentar la innovación científica y el desarrollo tecnológico, en unos casos contratando a mecánicos, artistas o científicos extranjeros, a la par que españoles ya formados o estudiantes eran pensionados

para ampliar estudios en París y en diversas ciudades europeas; en otros se importaron libros y se difundieron publicaciones que impulsaron una importante actividad traductora y editora. A imitación de otras instituciones europeas, la monarquía española potenció la creación de reales fábricas, academias, gabinetes científicos y otras entidades, buscando vincular la ciencia a la mejora de las condiciones materiales de vida de sus súbditos. Entre las instituciones que los ministros de Carlos III apoyaron decididamente para impulsar el desarrollo económico mediante los adelantos técnicos y el conocimiento científico se encontraron, precisamente, las reales sociedades económicas de amigos del país, que empezaron a funcionar por toda la geografía española a partir de 1775 cuando se fundó la Matritense, con el precedente exitoso de la Bascongada, que llevaba abierta desde 1765, tras dos años de preparativos[1]. El número de sociedades creadas fue de 96 entre 1775 y 1808, y su distribución por el territorio fue irregular, pues en los lugares donde la burguesía industrial y comercial estaba organizada, mediante consulados u otras instituciones, o no se fundaron o no prosperaron. De manera que sus actividades distaron mucho de poder ser aplicadas a nivel nacional.

Hubo disparidad en su distribución geográfica porque correspondía a la iniciativa privada el sacarlas adelante, y otro tanto ocurrió cuando se marcaban sus objetivos conforme a las voluntades de sus componentes, dentro de la amplia gama que posibilitaba el objetivo final de mejorar una economía caracterizada por su atomización. Igualmente, muchas no pasaron de la mera inscripción, por figurar sus mentores como obedientes a la voluntad regia, pero sin hacer nada o casi nada, de forma que únicamente las ubicadas en determinadas ciudades, cerca de una treintena, cumplieron con sus cometidos dentro de sus posibilidades. Sin que hayan terminado las investigaciones acerca de estas sociedades, lo que aún podría deparar alguna sorpresa, las que tuvieron actividades dentro del territorio peninsular y los archipiélagos balear y canario quedaron repartidas así: en el norte, la Bascongada y las de Santiago, Lugo, Asturias y Tudela; en el este, la Aragonesa y las de Jaca, Tárrega, Tarragona, Valencia, Mallorca y Murcia; en la Meseta del norte, las de León, Zamora, Valladolid, Soria y Segovia; en la Meseta sur, la Matritense y las de Cuenca y Talavera de la Reina; en Andalucía, las de Baeza, Sevilla, Málaga, Córdoba, Jerez y Jaén; y en Canarias, las de Las Palmas y La Laguna.

Recogiendo lo esencial de un ambiente generalizado entre los componentes ilustrados de la Corte, donde confluían las aspiraciones del monarca y las de determinados miembros de la nobleza, altos funcionarios y jerarquías del clero, el principal impulsor de las sociedades económicas fue el conde de Campomanes, que recomen-

[1] Acerca de estas instituciones véanse el resumen de L. M. ENCISO RECIO: «Las Reales Sociedades Económicas de Amigos del País», en *La época de la Ilustración. El Estado y la cultura (1759-1808),* Madrid, Espasa Calpe, 1987, pp. 13-56, vol. XXXI de la *Historia de España,* fundada por Ramón Menéndez Pidal; y la recopilación bibliográfica de F. AGUILAR PIÑAL: *Bibliografía de estudios sobre Carlos III y su época*, Madrid, CSIC, 1988, pp. 119-132.

dó en su *Discurso sobre el fomento de la industria popular*[2] que aquéllas velasen por la difusión de las enseñanzas de formación profesional y del conocimiento de la maquinaria, las herramientas y todo lo que favoreciera el desarrollo de los oficios, la industria, la agricultura y el comercio. Era consciente de la urgente necesidad de contar con conocimientos mecánicos actualizados y científicos, y promovió varias vías de actuación: unas, la fundación de centros de enseñanza, de bibliotecas especializadas y de colecciones públicas de maquinarias; otras, la dotación de premios, la participación en el examen de privilegios de patente, la subvención de propuestas y proyectos sobre inventos o mejoras en instrumentación, y el fomento de la maquinaria para relojería e instrumentos musicales. Como puede apreciarse, lo que pedía Campomanes a las sociedades económicas era una desproporción histórica, pues pretendía que asumieran la resolución, de forma privada de una parte importante del atraso económico y social de la nación, lo que englobaba también al existente en materia educativa, cultural, científica y tecnológica; si bien a su favor hay que apuntar que anhelaba iniciar una industrialización en España como la que se estaba produciendo en otros países europeos, empezando por desarrollar la industria popular, e incorporando a las mujeres al proceso.

Pero todo lo esbozado como campo de actuación, y más en materia de difusión técnica y de nuevas tecnologías, era preciso acometerlo con recursos apropiados, y en líneas generales todas las sociedades estuvieron siempre mediatizadas por dos aspectos básicos: escasez e irregularidades en la percepción de recursos económicos, y la misma situación para los recursos humanos, lo cual se tradujo en un funcionamiento lento, poco voluminoso y cargado de excepciones, que son las que las han consagrado históricamente como instituciones dignas de ser tenidas en cuenta cuando se analiza el despertar económico de nuestra nación. En el caso de los recursos financieros, las cuotas de los socios fueron insuficientes con respecto a los fines propuestos, ya que en la mayor parte de las sociedades no llegaban a los 100 reales anuales por individuo, y únicamente aquellas que contaron con dinero procedente de otras fuentes pudieron en mayor o menor medida atender los compromisos que adquirieron. Las donaciones particulares se prodigaron en algunas sociedades, unas veces con carácter extraordinario y otras de forma regular, siendo nobles titulados y alto clero quienes más las practicaron. Igual ocurrió con los ingresos procedentes de concesiones reales de rentas eclesiásticas, como sobrantes de obispados, arzobispados, del Fondo Pío Beneficial o de la Comisaría General de Cruzada, lo que se completó con dinero de la Real Hacienda, cuya procedencia varió de unas sociedades a otras, pues en unos casos venían de la renta del tabaco, en otros de los impuestos

[2] Madrid, Antonio Sancha, 1774. El *Discurso...*, y el *Discurso sobre la educación popular de los artesanos y su fomento,* publicado al año siguiente en la misma imprenta, fueron reeditados con un estudio preliminar por J. Reeder en Madrid, en la Colección Clásicos del Pensamiento Español, del Ministerio de Hacienda, en 1975.

sobre el comercio de la lana, así como de otras secciones recaudatorias. Mas aquella captación externa estuvo siempre sujeta a la mayor o menor pericia de los socios, sus relaciones con los estamentos privilegiados y con los responsables de la Real Hacienda, lo que marcó diferencias muy notables de unas a otras. En concreto, la diferencia conocida entre lo recaudado por la Aragonesa y la de Murcia desde su creación hasta 1807 ascendió a un 28 % más en la primera que en la segunda[3]; no obstante, estamos aún lejos de poder hacer comparaciones definitivas entre todas las sociedades, ya que faltan estudios al respecto.

En cuanto a los recursos humanos, fueron determinantes las comparecencias voluntarias, lo que supuso que el número de socios que acudía con asiduidad a las juntas generales o particulares fuera siempre una minoría, alrededor de la decena en las sociedades de más actividad, y cifras inferiores en las de menos. Para poder dedicarse a trabajar y estudiar en una entidad de amigos del país se necesitaba una serie de requisitos al alcance de muy pocas personas, como eran tener una situación económica holgada, tiempo libre, estar imbuido de los principios de progreso que definían a los ilustrados y tener deseos, capacidad e iniciativa para acometer encargos. Ese arquetipo se daba con más frecuencia entre la nobleza, el clero, los funcionarios locales y reales, la burguesía y determinados ejercientes de profesiones liberales, con ingresos complementarios; si bien es cierto que hubo numerosos socios competentes y activos que no cumplían alguna de aquellas condiciones, y las suplían con ingenio y haciendo algún tipo de sacrificio. A la hora de hacer una estimación individualizada acerca de cada uno de los componentes de los amigos del país se pueden tener en cuenta los factores siguientes: la autoridad reconocida por sus consocios ante lo que era capaz de trasmitir, el trabajo real que sacaba adelante en los cargos y encargos que recibía, el ser contribuyente extraordinario, el serlo ordinario y el ser moroso; y barajando estos conceptos ocurrían cosas un tanto chocantes: primero, que fueron escasos los socios que daban el perfil arquetípico, y segundo, que los hubo que se apartaban de las sociedades por motivos personales o estatutarios, como fue el caso de Ignacio de Asso, hombre ilustrado y cumplidor de sus encargos, que acabó fuera de la Sociedad Aragonesa por no pagar sus cuotas anuales[4].

---

[3] M. VELÁZQUEZ MARTÍNEZ: *La Sociedad Económica de Amigos del País del Reino de Murcia: La Institución, los Hombres y el Dinero (1777-1820)*, Murcia, Consejería de Cultura, Educación y Turismo, 1989, pp. 275 y ss. Presenta cifras comparativas de los ingresos de varias sociedades con los recogidos por la murciana, obtenidas de estudios monográficos de otros autores, que confirman las diferencias apuntadas.

[4] La estructura social de los amigos del país ha sido estudiada en varias sociedades: la Bascongada, la Aragonesa, la de Valencia o la de Murcia, o bien en su globalidad, o bien por grupos concretos como los médicos, los extranjeros, etc., y para poder hacer una valoración personal sobre el comportamiento de cada socio se pueden emplear los parámetros sugeridos en el artículo de J. F. FORNIÉS: «Los grandes de España en la Real Sociedad Económica Aragonesa de Amigos del País en tiempos del Conde de Aranda (1776-1798)», incluido en *El Conde de Aranda y su tiempo,* Zaragoza, Institución Fernando El Católico, 2000, pp. 394-395.

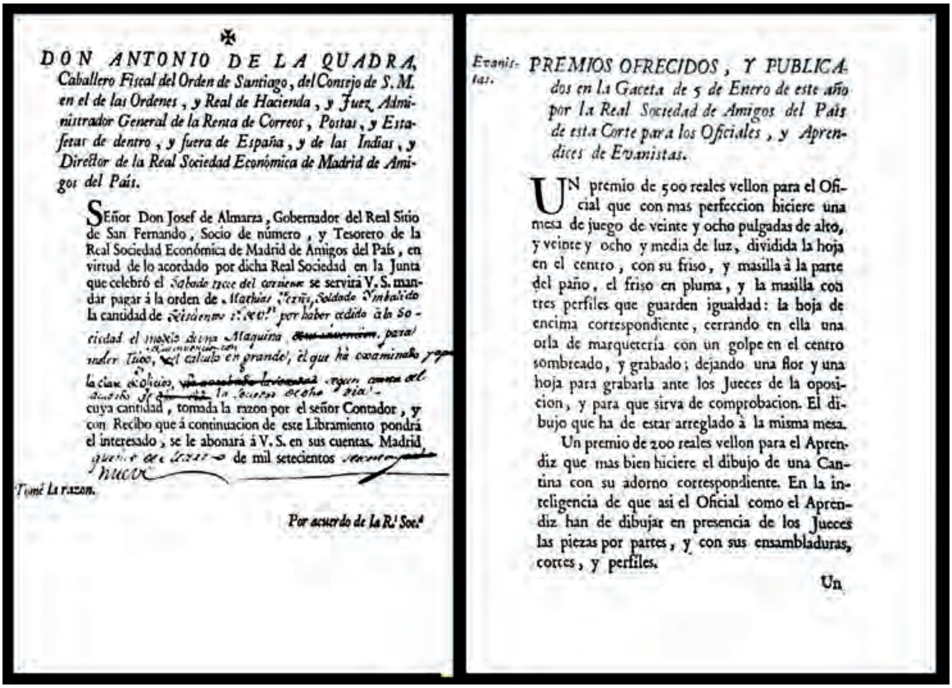
Aquellos escasos hombres ilustrados y entusiastas, asistidos económicamente con irregulares ingresos, se las fueron ingeniando para sacar adelante, entre otras cosas, objetivos técnicos y tecnológicos. Se organizaron en juntas o clases sectoriales de agricultura, y de artesanía y fábricas, y a partir de aquéllas fueron creando según sus necesidades bibliotecas técnicas, propusieron temas de estudio, anunciaron la concesión de premios para estimular el perfeccionamiento de la producción, generaron publicaciones de divulgación y de estudios técnicos más complejos, crearon gabinetes, jardines botánicos, huertos de experimentación, y apoyaron la mejor dotación de talleres artesanales, crearon en ocasiones nuevos obradores o fábricas o los dotaron de la instrumentación y las máquinas más avanzadas, y de operarios que dominasen las técnicas más valoradas. En paralelo, fueron creando centros de enseñanzas de primeras letras, formación profesional y estudios superiores, en lugares de la geografía española irregularmente distribuidos.

A pesar de esta circunstancia y de la evidente desproporción en los objetivos marcados en la obra de Campomanes, fueron varios los que se alcanzaron en materia tecnológica desde 1766 hasta 1808 a través de las iniciativas y los centros de enseñanza, dentro de un país cuya estructura socioeconómica presentaba fuertes desequilibrios perceptibles en la pobreza endémica, una distribución de la riqueza y del trabajo arbitrarios, y un insuficiente nivel de ingresos para la mayoría de la población, cuya repercusión más inmediata era el escaso desarrollo de los mercados. Aquellas realidades dentro de un marco del poder basado en los derechos privativos y no del ciudadano, impidieron que otras muchas de las mejoras propuestas en las sociedades económicas y en otros foros diesen resultados: las barreras humanas y legales detenían los avances que podían convenir a la mayoría y que se presumían perjudiciales para las minorías dominantes, aunque aquellas propuestas paradójicamente partiesen de destacados miembros de dichas minorías.

II

Objetivos, proyectos y logros tecnológicos: la Sociedad Matritense

En este campo fueron prácticamente todas las sociedades activas las que se decantaron por promover iniciativas, pero fue sin duda la Matritense la que se planteó de forma más efectiva un plan de actuación contando con varios elementos a su favor, como fueron el ser considerada por las demás como modelo, pues recibía directamente las orientaciones de la Corte y de sus funcionarios más ilustrados; contar con unos recursos económicos superiores, aunque no suficientes, y tener cerca a los mejores oficiales y técnicos de otras instituciones reales, nacionales y extranjeros, que les hacían partir de un conocimiento superior al de otros componentes de sociedades periféricas. El resultado fue que ninguna otra sociedad económica alcanzó ni con


✠

DON ANTONIO DE LA QUADRA, Caballero Fiscal del Orden de Santiago, del Consejo de S. M. en el de las Ordenes, y Real de Hacienda, y Juez Administrador General de la Renta de Correos, Postas, y Estafetas de dentro, y fuera de España, y de las Indias, y Director de la Real Sociedad Económica de Madrid de Amigos del País.

Señor Don Josef de Almarza, Gobernador del Real Sitio de San Fernando, Socio de número, y Tesorero de la Real Sociedad Económica de Madrid de Amigos del País, en virtud de lo acordado por dicha Real Sociedad en la Junta que celebró el Sabado trece del corriente se servirá V. S. mandar pagar á la orden de Mathias Fernz, Soldado Ynbalido la cantidad de [illegible] por haber cedido á la Sociedad el modelo de una Maquina [illegible] para moler Trigo, [illegible] el calculo en grande, el que ha examinado [illegible] cuya cantidad, tomada la razon por el señor Contador, y con Recibo que á continuacion de este Libramiento pondrá el interesado, se le abonará á V. S. en sus cuentas. Madrid [illegible] de mil setecientos [illegible] nueve

Tomé la razon.

Por acuerdo de la R.l Soc.d

Evanistas.

PREMIOS OFRECIDOS, Y PUBLICADOS en la Gaceta de 5 de Enero de este año por la Real Sociedad de Amigos del País de esta Corte para los Oficiales, y Aprendices de Evanistas.

UN premio de 500 reales vellon para el Oficial que con mas perfeccion hiciere una mesa de juego de veinte y ocho pulgadas de alto, y veinte y ocho y media de luz, dividida la hoja en el centro, con su friso, y masilla á la parte del paño, el friso en pluma, y la masilla con tres perfiles que guarden igualdad: la hoja de encima correspondiente, cerrando en ella una orla de marquetería con un golpe en el centro sombreado, y grabado; dejando una flor y una hoja para grabarla ante los Jueces de la oposicion, y para que sirva de comprobacion. El dibujo que ha de estar arreglado á la misma mesa.

Un premio de 200 reales vellon para el Aprendiz que mas bien hiciere el dibujo de una Cantina con su adorno correspondiente. En la inteligencia de que así el Oficial como el Aprendiz han de dibujar en presencia de los Jueces las piezas por partes, y con sus ensambladuras, cortes, y perfiles.

Un

7.1. Real Sociedad Económica Matritense: *1) Orden de pago a Matías Fernández por el modelo de una máquina para moler el trigo, inventada por el autor en 1781 (ARSEM, leg. 26/17); 2) Premios ofrecidos por los Amigos del País para el fomento de las Artes y Oficios en 1784 (Archivo RSE de Madrid, leg. 26/1).*

mucho el volumen de actuaciones de la Matritense en aquella materia, y, lo que es más significativo, el que gracias a la publicación de sus *Memorias* (cuatro volúmenes en 1789, que contenían dos centenares de trabajos), lo averiguado y planteado pudo ser utilizado por las demás, sin que ello significara renunciar a trabajar en aquel campo, pues todas en mayor o menor medida analizaron lo que les llegaba procedente de su zona de influencia[5].

Desde su creación en 1775, los Amigos del País de la Villa y Corte se plantearon el fomento de la Mecánica como una medida más para el progreso económico y científico del reino, lo que dio paso a diversas iniciativas. La primera fue el proyecto de erección de una Escuela de Maquinaria, y le siguieron el de editar un *Diccionario de Artes y Oficios*, a imitación de la *Enciclopedia* francesa, y la creación de una colec-

5 El análisis más complejo sobre las actividades de la Matritense en materia artesano-industrial se halla en el libro de A. M. MORAL RONCAL: *Gremios e Ilustración en Madrid (1775-1836)*, Madrid, Actas, 1998.

ción de máquinas y herramientas con el objetivo de divulgar y actualizar las innovaciones que se estaban produciendo en Europa. Al darse a conocer tan ambiciosos proyectos, pronto llegaron todo tipo de ofrecimientos e inventos, de manera que la Sociedad Matritense se planteó ayudar a sus creadores concediendo ayudas económicas o premios, recomendando sus esfuerzos ante las altas esferas del poder político o nombrando un socio protector que cuidara de sus adelantos. Paralelamente, su interés fue recompensado con un notable apoyo oficial inicial. Así, el Consejo de Castilla y la Junta de Comercio y Moneda decidieron utilizar los servicios de la Matritense para comprobar la calidad de las máquinas y herramientas que le eran presentadas, censurar memoriales o tratados técnicos y verificar la oportunidad de conceder o denegar peticiones de patentes de privilegio, logrando que la calidad de los informes de los Amigos del País fuera reconocida al más alto nivel por la Corona.

Desde un primer momento, los Amigos del País comenzaron a adquirir numerosos libros y folletos, muchos de ellos encaminados tanto a editar el *Diccionario* como a fomentar y copiar nuevos diseños de maquinarias, tendencia que continuaría en los años siguientes. En 1790 nombraron un archivero-bibliotecario encargado del control de los préstamos de los libros y su clasificación. Sin embargo, hasta 1804 la Matritense no dispuso de un local propio para su colección de libros, ya que en los primeros años las juntas se celebraron en el Ayuntamiento. En ese año se ubicó la biblioteca en la Escuela de Sordomudos, bajo la protección de la Matritense. Sin embargo, no se logró elaborar finalmente el deseado proyecto enciclopédico por falta de medios económicos y socios encargados de su redacción, lo que vino a poner de manifiesto las diferencias existentes entre España y la vecina Francia en cuanto a la cantidad y nivel científico de nuestros técnicos.

Si bien la Junta directiva de la Matritense propuso desde el primer momento, como uno de los objetivos fundamentales dirigidos a divulgar los avances técnicos de la industria y los oficios, la reunión de una cierta cantidad de máquinas, planos y artefactos en una colección que debería exhibirse públicamente a los fabricantes, menestrales y público en general, tardó unos nueve años en poner en marcha el proyecto. En 1784, el socio Julián de Velasco fue comisionado para comenzar a redactar una *Descripción analítica* de las máquinas que se habían ido adquiriendo y almacenando en la Real Casa de los Desamparados desde 1776, para una posible publicación en los tomos de las *Memorias* de la Sociedad. Al año siguiente, se encargó oficialmente al capitán Manuel Gutiérrez Salamanca, socio de mérito y experto maquinista, la creación de una colección «de máquinas e instrumentos que facilitasen las operaciones de las Artes», expuesta para su estudio en el citado edificio. Cabe subrayar que esta colección fue anterior al nacimiento del famoso Real Gabinete de Máquinas del Buen Retiro.

El encargo pasaba por solicitar al rey que concediera licencia al capitán Gutiérrez Salamanca con el fin de que todos sus esfuerzos y trabajo se concentraran en la realización de este proyecto. El 10 de diciembre de 1785, una real orden le otorgó permi-

so indefinido en la Corte por su pericia profesional y planteamientos tecnológicos. No obstante, sus comisiones aumentaron con el paso del tiempo, ya que también se le pidió que representara a la Sociedad en el Jardín Botánico, examinara los estudios para levantar diversas fábricas y elaborara memorias diversas. Su destreza hizo que los directores del Montepío de Hilazas solicitaran a la Matritense que el capitán finalizara un torcedor de madera de veinticuatro husillos que necesitaba el padre José Portillo para enseñar el oficio a la población reclusa de las cárceles y galera de Madrid. Asimismo, también se le llamó para el diseño y explicación de los telares que se utilizaban en el Montepío, a petición del socio Juan Pérez Villamil, que debía presentarlos al obispo de Mallorca, impulsor de la Sociedad Económica de las Islas Baleares.

La colección reunió máquinas, herramientas, diseños, dibujos y libros provenientes de diversas fuentes y conductos. En unos casos, numerosas obras fueron presentadas por el director de la colección, de su propia invención o elaboración, a las que se agregaron las donadas por los socios o encargos particulares. Generalmente, varios socios comisionados se ocupaban de inspeccionar la calidad de las máquinas o herramientas a la hora de conceder su pase definitivo a la Casa de los Desamparados. En otras ocasiones se buscaron opiniones alternativas, como la de los maestros o maquinistas que servían en la Real Casa y Patrimonio, actitud habitual de los Amigos del País, que intentaron siempre obtener varios puntos de vista de personas expertas ante una determinada cuestión. El conjunto de máquinas, diseños y artefactos realizados o conseguidos por el capitán Gutiérrez Salamanca, entre 1784 y 1789, puede clasificarse por su tipología en:

– Máquinas textiles.	11	22,9 %
– Molinos.	10	20,8 %
– Herramientas artesanales	10	20,8 %
– Máquinas grabadoras	4	8,3 %
– Arados	2	4,1 %
– Norias para desaguar	1	2,0 %
– Cabria	1	2,0 %
– Reloj	1	2,0 %
– Raspadora y pulimentadora	1	2,0 %

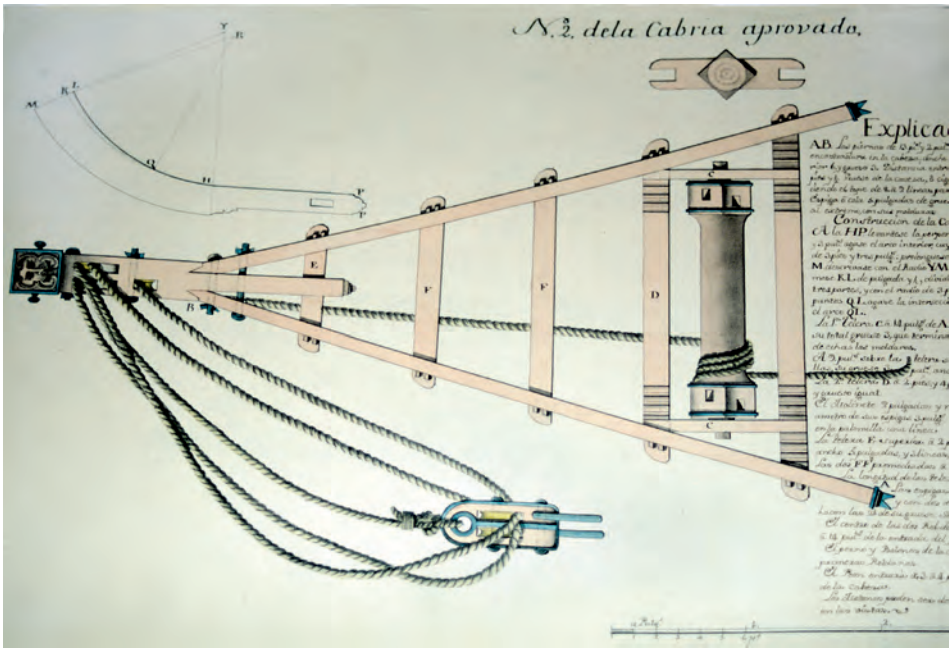
Además, sin especificar ningún tipo de uso o finalidad, aunque aplicados como molinos o norias para desaguar o trasladar aguas, aportó, además de un gran conjunto de planos y dibujos sobre vías, canales y puertos, lo siguiente:

– Modelos hidráulicos	4	8,3 %
– Máquina neumática	4	2,0 %
– Máquina *eléctrica*	1	2,0 %

Por otra parte, si atendemos al tipo de fuerza que provocaba el funcionamiento de la maquinaria asignado a cada artefacto, en aquellos que se especificaron en la documentación, puede realizarse otra clas ificación complementaria:

- Máquinas hidráulicas ..... 8 40,0 %
- Máquinas manuales..... 5 25,0 %
- Por fuerza de caballerías..... 3 15,0 %
- Máquinas neumáticas ..... 2 10,0 %
- Máquina *eléctrica* ..... 1 5,0 %
- Máquina de cuerda ..... 1 5,0 %

Los mayores porcentajes correspondieron a la maquinaria relacionada con la manufactura textil, en aquellos momentos fuertemente impulsada a través de la creación de fábricas reales y escuelas patrióticas, estas últimas bajo la supervisión de las sociedades económicas. La gran cantidad de molinos presentados eran, en muchos casos, diseños que trataban de perfeccionar viejos modelos, todavía necesarios, junto a los arados, en una economía de base fundamentalmente agraria. No obstante, muchos de ellos no tenían asignada una función moledora sino que pretendían funcionar como elevadores de aguas o batanes de papel o tela. Un tercer grupo estaba formado por herramientas diseñadas para perfeccionar y mejorar el trabajo tradicional de los artesanos, relojeros y mecánicos, puesto que, teóricamente, para ellos estaba expuesta la colección en Madrid. En éste se integraban los acanaladores, las punteras y garras, las aspas, escaleras, barrenas, reglas, plataformas y tornos. Finalmente, cerca de esta clase de artefactos, destacaron las máquinas-herramienta como la raspa-



7.2. Dibujo de una cabria y explicación. *Anónimo,* Libro de artillería, sus carruajes, ajustes y otras máquinas*, finales del siglo XVIII (Biblioteca RSE Madrid).*

dora y pulimentadora de cristales de fundición, varias máquinas grabadoras y una cabria. En cuanto al tipo de fuerzas que pondrían en marcha su funcionamiento y lo mantendrían, Gutiérrez Salamanca promocionó la presencia del agua, cuyo potencial estaba menos explotado en España que la fuerza humana o animal. De igual manera, y a semejanza de lo que estaba ocurriendo en el resto de Europa, apenas diseñó artefactos impulsados por el viento o la electricidad, todavía en fase de experimentación.

Varias fueron las máquinas, herramientas o dibujos que algunos inventores presentaron con destino a la colección de la Matritense con el fin de obtener una recomendación ante el rey o la concesión de un premio. Así, José Castejón llevó un modelo de molino y Pedro Salve un acanalador. El maestro cordelero Alejandro Clímaco expuso a examen de los comisionados un torno de hilar que, al recibir numerosos elogios, fue trasladado a la colección de máquinas. La Secretaría de Estado regaló un agramador en 1785 y, en algunas ocasiones, la Sociedad decidió sufragar los gastos de fabricación de algún tipo de herramienta o máquina, como el molino de Matías Fernández y la hiladora del socio Miguel Gerónimo Suárez. Y es que también la colección aumentó sus fondos con las donaciones realizadas por los propios Amigos del País. El arcabucero regio Carlos Montarguis, ante la buena marcha en la clasificación de maquinarias, manifestó al resto de socios, el 13 de mayo de 1786, su intención de realizar una colección de herramientas copiadas de modelos extranjeros. Por ello, aportó en aquellos momentos un molde para agarrar piñotes y paletas, y una bigorneta, yunque con dos puntas opuestas, para los talleres de relojería, que provocaron sendos elogios entre sus consocios. De la misma manera, sus cerrojos fueron considerados de calidad superior a los que se importaban de Inglaterra, así como sus escopetas, tornillos de sobremesa y llaves.

En mayo de 1787, el socio Esteban Espinoy informó a la Sociedad sobre el mal estado en que había encontrado varios modelos de máquinas de la colección, por lo que se ofreció para restaurarlos, formar un catálogo y exponerlos debidamente. En su informe denunció al clima madrileño como principal causante de su mala situación, además de la humedad, los insectos y el polvo salitroso. Propuso que se formaran varios libros con los diseños y dibujos acumulados, debidamente comentados y catalogados, para su mejor conservación, reparación y uso. En septiembre de ese mismo año, Espinoy presentó varias obras a la Matritense para su examen y regalo, como novedosos ensamblajes de madera, para su uso en trabajos de carpintería y ebanistería. Sin embargo, su temprana muerte al año siguiente detuvo la remodelación de la colección.

A pesar de todo, varios modelos diseñados por Gutiérrez Salamanca fueron enviados al conde de Floridablanca, secretario de Estado, en ese año, el cual los remitió a examen al maquinista Tomás Pérez. Tras una serie de pruebas fueron, finalmente, aprobados y se le encargó oficialmente la construcción de cuatro máquinas hidráulicas y diez mecánicas. De esta manera, la calidad y mérito de la colección de la Económica Matritense fue reconocida por las más altas esferas políticas, aunque su

momento más brillante coincidió con el comienzo de una serie de problemas que la harían decaer. Envidias y rivalidades entre maquinistas, el deterioro provocado por el ambiente y una cierta falta de control en el préstamo de los artefactos provocaron serios daños en la colección.

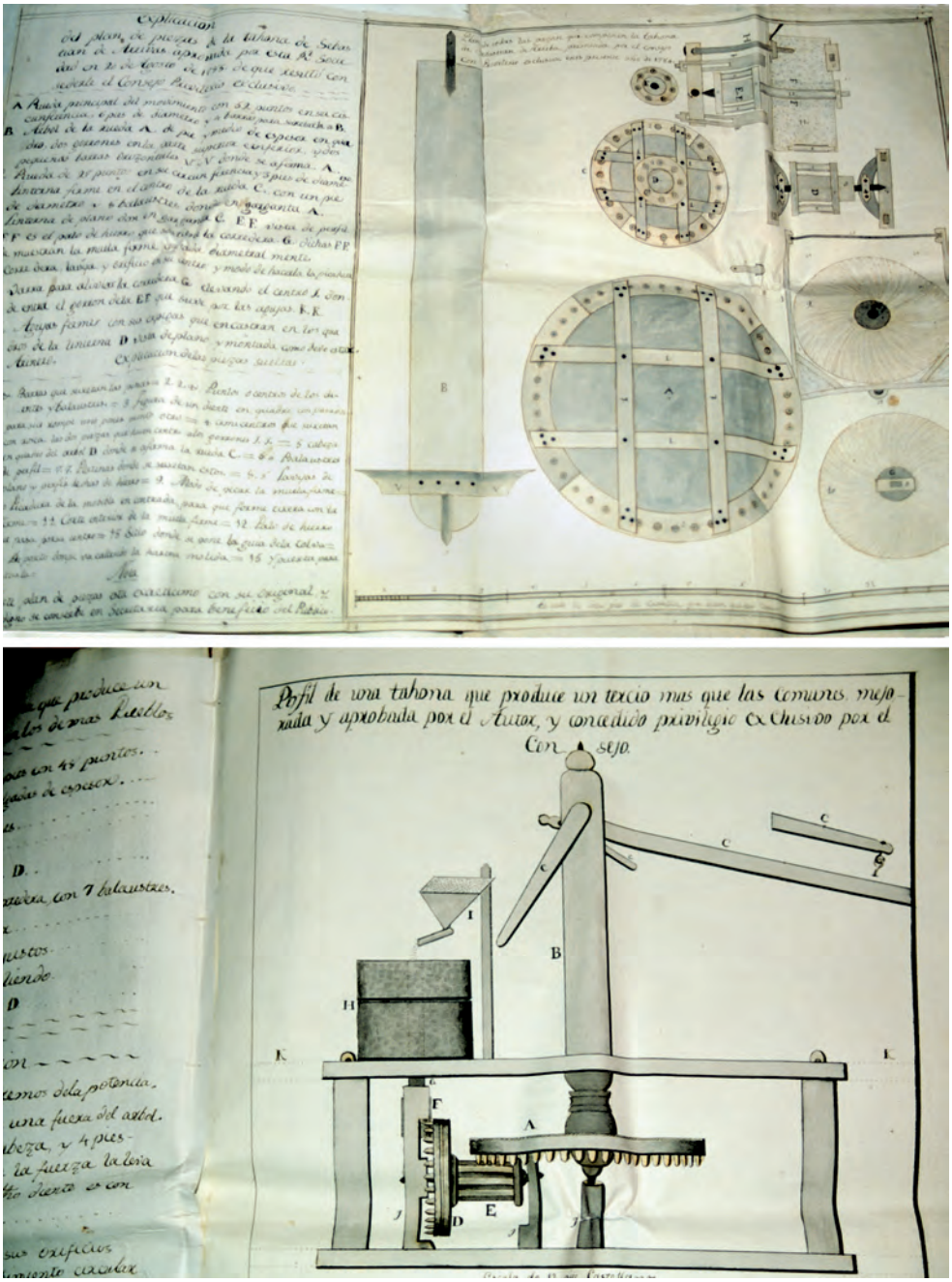
El 26 de octubre de 1790, Gutiérrez Salamanca denunció ante la Sociedad la desaparición de dibujos y diseños del Montepío, evidente desde hacía tres años. Todo indicaba al mecánico Tomás Pérez, que los había solicitado argumentando que los necesitaba para informar al Consejo Real de su trabajo. En realidad, durante todo ese tiempo había estado intentando convencer al capitán para que se asociara con él, a espaldas de la Matritense. Ante las continuas negativas que recibió, Pérez decidió copiar y construir los modelos de Salamanca para incorporarlos a su gabinete de maquinaria. Durante siete años, varios socios fueron comisionados para recoger los diseños y planos sin ningún resultado importante. Esta situación hizo frenar la adquisición de nuevas máquinas y el crecimiento de la colección.

Por otra parte, fue necesario arbitrar un control más riguroso en el préstamo que se facilitaba a socios y comisionados. Teniendo en cuenta su carácter como exposición pública, algunos arados británicos, máquinas de labranza y otros artefactos fueron prestados a varios socios que demoraron su devolución durante mucho tiempo. En octubre de 1788, algunos Amigos del País tuvieron que presentarse en la testamentaría de Esteban Espinoy para impedir que 75 dibujos, 39 cuadernos y libros, una máquina fumigatoria y una pulimentadora fueran repartidas entre sus familiares, devolviéndose a la Casa de los Desamparados.

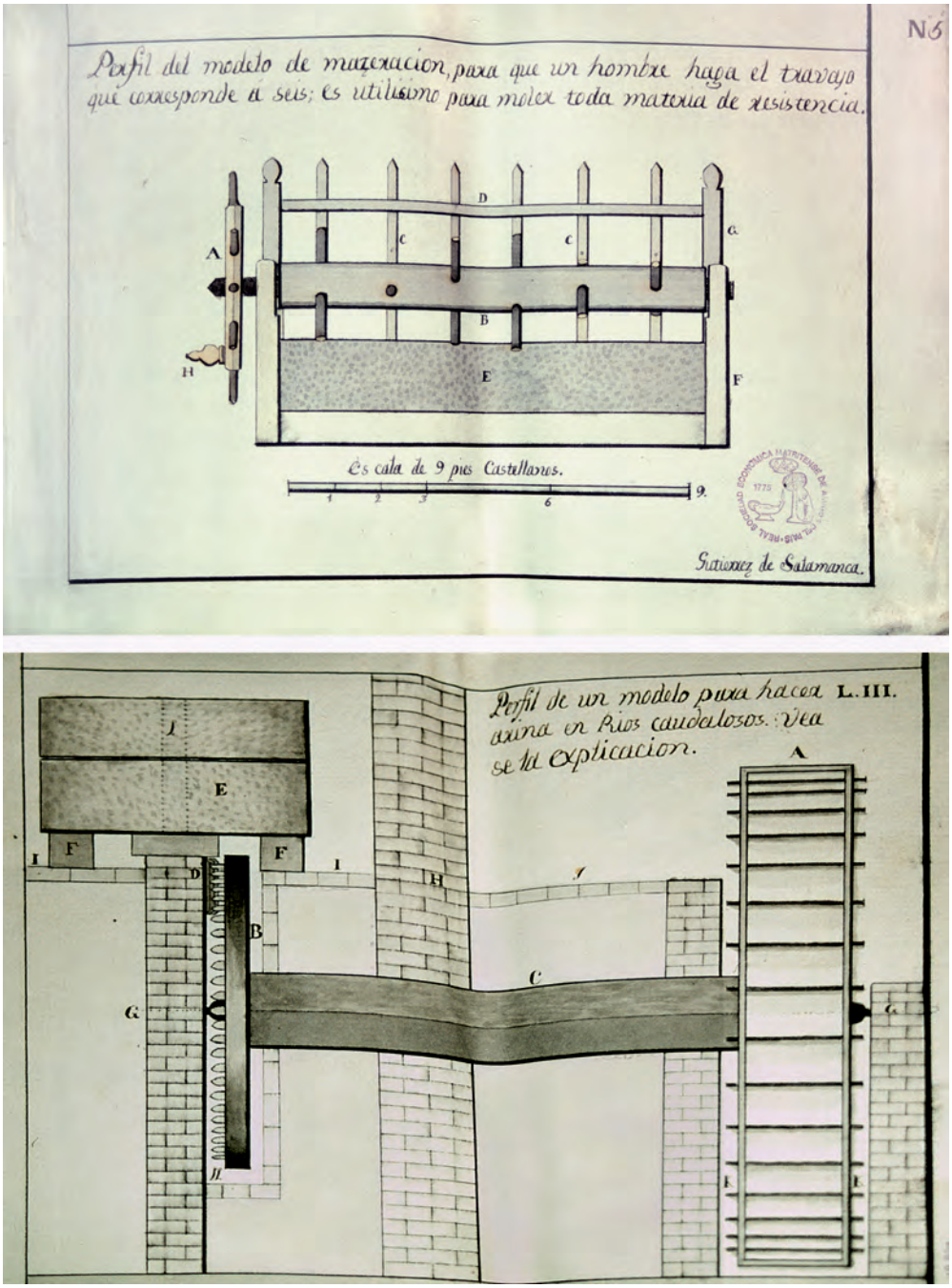
En 1800, el Consejo de Castilla encargó a la Matritense la inspección de la selección de máquinas y herramientas del Real Gabinete del Buen Retiro, reconociendo sus veteranos conocimientos en la materia, aunque el expediente se dilató en el tiempo. La sucesión de obstáculos provocó un freno en la ampliación de la colección y un constante temor a que las piezas se disgregaran. Hasta el final de la guerra de la Independencia, la colección de la Matritense tuvo una vida lánguida. Tras la evacuación francesa en 1813, los Amigos del País se ofrecieron para hacerse cargo de las máquinas del Real Gabinete, y dos años más tarde se pudo acometer su traslado a la madrileña calle del Turco, comenzando un lento proceso de catalogación y saneamiento, resolviéndose el acoplamiento de ambas colecciones, que fueron nuevamente expuestas al público[6].

Otra de las funciones encomendadas a la Matritense en materia tecnológica consistió en el examen de privilegios de patente. En el Siglo de las Luces, para lograr una patente de la Corona, los inventores debían demostrar el buen funcionamiento de la máquina o herramienta ante una junta de personalidades, designadas por el rey o el

[6] A. M. MORAL RONCAL: «La colección de máquinas y herramientas de la Real Sociedad Económica Matritense, 1775-1824», en *Jornadas sobre el Real Sitio de San Fernando y la Industria en el siglo XVIII*, San Fernando de Henares, 1977, pp. 277-289.



7.3. Diseños a los que se les concedió privilegio de patente por el Consejo Real *(ARSE Madrid, leg. 63/1): 1) Tahona de Sebastián de Arribas, aprobada por la clase de Artes y Oficios de la Económica Matritense (20 de agosto de 1785). El Consejo Real le concedió privilegio exclusivo en 1786; 2) Perfil de una tahona que producía un tercio más que las comunes.*



7.4. Colección del capitán Gutiérrez Salamanca para la Económica Matritense, 1784-1789 *(ARSE Madrid, leg. 63/1): 1) Modelo de maceración para materiales resistentes; 2) Molino con noria para ríos caudalosos.*

Consejo de Castilla. La Económica Matritense recibió el encargo de formar parte de aquéllas en veintiuna ocasiones entre 1776 y 1803. Estas comisiones, generalmente, eran remitidas a las secciones internas de la Sociedad, que nombraban a varios socios para que realizaran los informes finales. Internamente, la mayor parte de socios mantuvo una postura contraria a participar en estos exámenes, pues el conde de Campomanes había recomendado, en su obra *Bosquejo de política económica española delineado sobre el estado presente de sus intereses*, premiar en metálico las innovaciones tecnológicas antes que conceder privilegios de patente, que calificó negativamente, tildándolos como mayorazgos. Sin embargo, una minoría de socios subrayó la necesidad de lograr el apoyo de la Corona, poniéndose a su servicio también en este campo, esperando que la concesión de patentes ayudara, aunque fuera indirectamente, a la innovación tecnológica del reino.

Las invenciones examinadas por los Amigos del País se repartieron en unos campos muy precisos, predominando las máquinas y sistemas referidos a las patentes sobre molinos. Bajo este apartado apareció toda una gama de ingenios preindustriales para la fabricación no sólo de harinas, sino de todo aquello susceptible de un tratamiento mecánico que necesitase un potente elemento motor suministrado por el agua o el viento. La aplicación de estas fuerzas naturales estaba en relación con la proporción de conocimientos mecánicos y, sobre todo, con los conocimientos de la moción circular que tuvieran sus inventores. Los molinos de pólvora o las tahonas podían aplicarse a varias esferas como la militar, la explotación de minas y la construcción. Así, los inventores se plegaban a las necesidades económicas del reino, sin olvidar el interés que demostraban, en aquellos años, los ministros ilustrados en estos últimos campos.

La mayor parte de los inventores presentó, precisamente, molinos de "novedosa invención", adornados con multitud de ventajas: harinaban, batían paños, podían moler diferentes productos en un espacio de tiempo más corto que el habitual, resultaban de bajo coste y no provocaban daño en los animales. Todo ello redundaba, teóricamente, en beneficio del propietario y del consumidor. Además, muchas de las maquinarias presentadas resultaban de fácil manejo y no requerían del uso de una gran fuerza, sugiriendo que a su cargo podían situarse muchachos, impedidos y mujeres. Un segundo grupo de patentes solicitadas fueron mecanismos de elevación –como cabrias–, de transporte, herramientas, materiales –tejas y cartón– y utensilios pequeños, cuyos autores recibieron, los más, el plácet de la Matritense.

Los inventores en su mayoría fueron españoles, aunque hubo también mecánicos o artesanos extranjeros, generalmente de clase popular y origen plebeyo, ávidos de enriquecerse y ocupar un peldaño más alto en la escala social. En sus solicitudes pedían casi siempre la concesión del privilegio de patente por un período comprendido entre los diez y los veinte años. Durante su examen, los comisionados nombrados por la Matritense mostraron siempre una preocupación especial a la hora de garantizar la novedad de la invención, revisando, a través de numerosas fuentes, los

últimos modelos que se estaban diseñando en Europa. De esta manera, en 1776 descubrieron que varios modelos de molinos eran meras copias de conocidas máquinas o que la supuesta e innovadora manera de fabricar papel de Juan Llaguno estaba explicada en varios tratados franceses. En otras ocasiones, tras comprobar efectivamente su novedad, las máquinas eran remitidas a sus diseñadores hasta que cumplían estrictamente las condiciones de patente, devolviéndose hasta dos veces en algunos casos. Una vez comprobada la innovación que presentaba el diseño de las máquinas y su estricto funcionamiento, los socios intentaban verificar las ventajas que éstas podían proporcionar. A veces se requirió un informe a maestros aventajados en su oficio; en otras ocasiones fue solicitada la opinión de algún funcionario real y varios testigos, aunque en muchas de las evaluaciones los comisionados experimentaron directamente con el modelo. Las conclusiones de estas pruebas eran anotadas cuidadosamente en el informe que, días más tarde, se leía en la Sociedad. Si ello era posible, el inventor también era invitado a estar presente en aquella evaluación.

Las cartas de presentación o los informes favorables de otras instituciones, adjuntadas por los inventores en sus expedientes, no impresionaron a los delegados de la Matritense, que siempre prefirieron juzgar según sus propios exámenes y criterios, conforme al espíritu experimental de la época. En algún caso, los Amigos del País tuvieron que discernir la autoría de una invención, como en 1778, cuando Antonio y Ramón Durán, al solicitar privilegio de patente para un molino de yeso, fueron denunciados por Ignacio Bes Labet, que los acusó de plagio. El ingeniero Lemaur, en su informe realizado junto con los socios Vidal y Cabañero, confirmó la acusación, aunque calificó la obra negativamente[7].

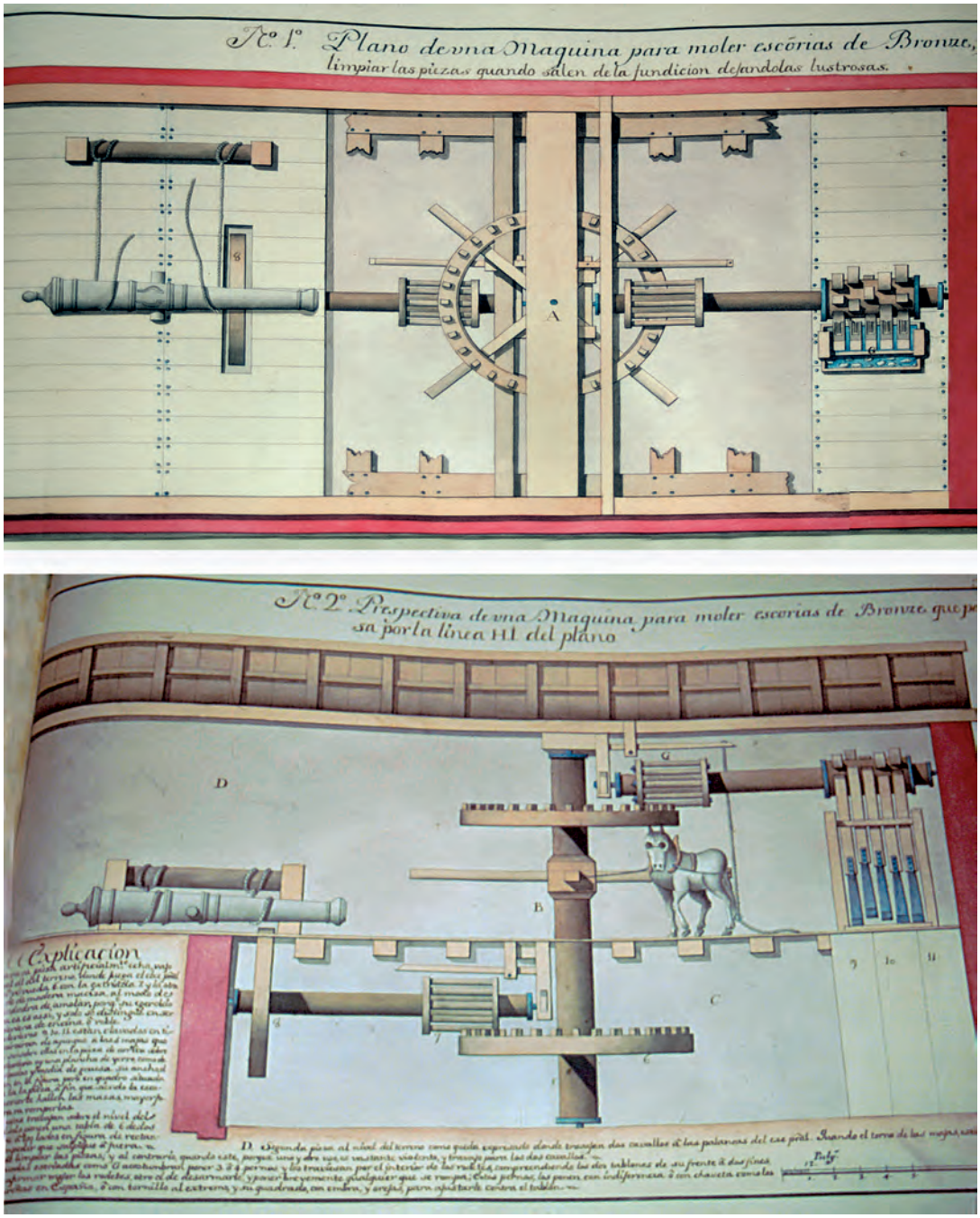
El fomento de mejoras o nuevos inventos entró también entre las funciones de peritaje que se practicaban en la Sociedad. Una vez que se hubo divulgado el interés de los Amigos del País por favorecer la invención o la mejora de la tecnología, comenzaron a recibir memoriales, firmados por maquinistas o inventores, donde se exponían nuevos adelantos, al tiempo que solicitaban un reconocimiento oficial por parte de la Sociedad. El Consejo de Castilla, a sus peticiones de patente, añadió otra serie de máquinas, con el fin de que la Matritense las examinara y remitiera informe sobre la conveniencia de su fomento. En su mayor parte, esos "inventores" eran artesanos y mecánicos emprendedores, que intentaban perfeccionar herramientas y máquinas fruto de su experiencia laboral. Al no solicitar patente, reconocían implícitamente que se trataba de una mejora sustancial, pero no de una invención total. No faltaron, a pesar de todo, clérigos y militares de baja graduación que trataron de conseguir apoyo para sus proyectos.

---

[7] Para un estudio más detallado de la participación de los Amigos del País en la concesión de patentes véase en A. M. MORAL RONCAL: «Desarrollo tecnológico y proyectismo ilustrado en la Real Sociedad Matritense», *Llull*, XIX, 1996, pp. 161-176.

Nuevamente, el sistema de comisiones fue el recurso más habitual para comprobar la supuesta eficacia de las máquinas. Como las utilidades y resultados de éstas, por lo regular, solían estar exagerados, los socios exigieron pruebas de su funcionamiento, que en algunos casos duraron varios días, ante la necesidad de realizarlas en lugares apropiados. En el archivo de la Matritense se conservan las actas de la comisión formada para el examen de un peine tejedor, cuyos miembros se reunieron en casa del marqués de Fuente-Híjar entre julio de 1799 y septiembre de 1800. Los Amigos del País, entre 1776 y 1808, llegaron a inspeccionar y valorar 63 máquinas y herramientas de este tipo: 18 máquinas textiles, 12 molinos, 10 herramientas de varios oficios, 3 bombas de agua, 12 máquinas-herramientas y 8 inventos de diversas aplicaciones. Como en casos anteriores, los mayores porcentajes de invenciones se adscribieron a las categorías de máquinas textiles y molinos, al ser manifestaciones de una tecnología propia de una sociedad mayoritariamente rural, donde el peso de la agricultura y las minas era determinante. No obstante, el sector textil castellano reunía también condiciones para ser campo atractivo para el desarrollo técnico. No sólo era una artesanía tradicional sino que, en el siglo XVIII, el proyectismo ilustrado trató de potenciar su presencia en el resto de la economía.

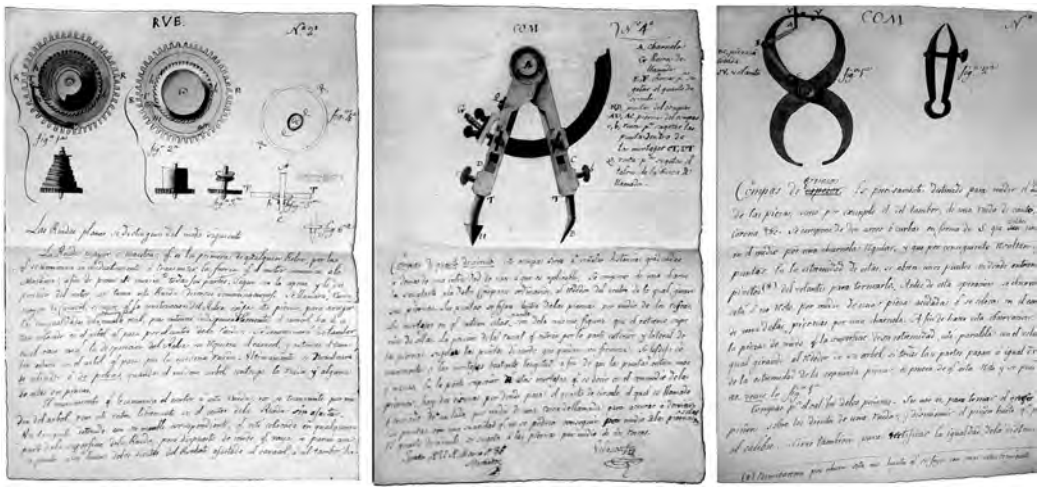
La necesidad de una mayor precisión e inversión para la construcción de grandes maquinarias fue el factor que favoreció que numerosos inventores concentraran sus esfuerzos en la mejora o invención de máquinas-herramientas, que formaban un grupo bastante importante. En aquellos años, los relojeros, los fabricantes de instrumentos científicos, los menestrales y artesanos necesitaban de tornos, acanaladores, tornillos, divisores, cepillos, torcedores, serraderos, o máquinas para roscar de una extremada precisión. Por ello se presentaron a la Matritense numerosos ejemplares que funcionaban mediante la aplicación de un movimiento rectilíneo o circular, o una combinación de ambos, estando firmemente sujeta la pieza sobre la que se maniobraba. En muchos casos, estas máquinas-herramientas no representaron más que la mecanización de los métodos de trabajo tradicionales de los artesanos, pero les proporcionaron una mayor precisión y, a medida que el metal sustituía a la madera, mayor fuerza, como la máquina productora de cables de Alejandro Clímaco o la que facilitaba la producción de hebillas del relojero Manuel Gutiérrez. En esta tesitura entroncamos los esfuerzos de varios socios de la Matritense por perfeccionar tornillos (pequeños tornos), pues su fabricación constituía una habilidad altamente especializada. En París y Londres funcionaba un cierto número de talleres de tornillos principales de avance, realizados con gran calidad, no de simple ensamblaje. El desarrollo de este tipo de herramientas facilitó en Inglaterra la construcción de los modelos definitivos de máquinas de vapor y de aquella maquinaria que ponían en funcionamiento. La importancia de tales conexiones entre la tradición artesanal y la nueva tecnología del siglo XVIII, a través de estas máquinas-herramientas, no siempre ha sido apreciada suficientemente por los historiadores.



7.5. «Máquina para moler escorias de bronce y limpiar las piezas cuando salen de la fundición, dejándolas lustrosas», Libro de artillería, sus carruajes, ajustes y otras máquinas *(BRSE Madrid): 1) Plano; 2) Prespectiva* [sic] *con caballería.*

En muy pocas ocasiones los comisionados devolvieron sin examinar algún artefacto. Los modelos que recibían una calificación positiva fueron adquiridos por la Sociedad o, al menos, ésta sufragaba su construcción a una escala mayor. Asimismo, sus autores fueron recomendados al Consejo de Castilla, recibieron algún tipo de categoría honorífica y, en ocasiones, los Amigos del País trataron de divulgar sus innovaciones a través de las *Memorias de la Sociedad* o de la *Gaceta* oficial. Los modelos que no consiguieron el plácet de los socios eran devueltos a sus dueños, que, no obstante, podían perfeccionarlos y presentarlos nuevamente. La Matritense, de esta manera, procuró promover el número de buenos mecánicos e inventores, facilitando su conocimiento y seleccionando su aplicación.

Especial mención merece la atención prestada al fomento de la relojería. Los ilustrados creyeron firmemente que los pueblos que no se esforzaban por desarrollar la relojería no podrían llegar nunca a un grado perfecto de progreso tecnológico, porque en este oficio convergían conocimientos y mecanismos sin los cuales la cultura no podía alcanzar su grado de madurez. La relojería era un compendio de toda la mecánica, y el propio conde de Campomanes recomendaba en sus escritos la difusión de los métodos de trabajo de las fábricas inglesas y suizas. Por otra parte, a fines del siglo XVIII el relojero había pasado a ser considerado un técnico mecánico, a medida que la demanda del mercado fue exigiendo unas normas más rígidas y un diseño más exacto. Su trabajo era considerado honroso y valioso para el Estado. De ahí el interés de los ilustrados por aumentar su número en Madrid y en el resto de la monarquía, al considerarlos como un ejemplo del nuevo tipo de artesanado que trataba de fomentar.



7.6. Ilustraciones en artículos para el proyectado diccionario de relojería del maestro Julián de Velasco, 1786 *(ARSE Madrid, leg. 79/15): 1) Sobre la rueda mayor o maestra de un reloj; 2) Compás de cuarto de círculo; 3) Compás de grueso y compás para el calibre de los piñones.*

La Matritense logró que los relojeros más prestigiosos del momento, residentes en la Villa y Corte, fueran socios activos, como Diego Rostriaga, Manuel Gutiérrez, Manuel de Rivas y los hermanos Charots, directores de la Real Escuela de Relojería, cuya obra *Tratado metódico de la reloxería simple* fue examinada por la Sociedad y, finalmente, editada por la Junta de Comercio y Moneda en 1795. Además se estudiaron varios proyectos para la creación de otras escuelas de relojería, la mayoría de los cuales fueron elevados al Consejo de Castilla, y se examinaron doce relojes, de distintas clases, entre 1778 y 1803. La mayor parte de ellos fueron aprobados por las comisiones de socios, que aconsejaron la concesión de una certificación de mérito para sus fabricantes, recomendando el taller ante el Consejo de Castilla. En el caso del aprendiz Benito Martínez, que presentó un reloj de sobremesa, la Matritense le premió con cien reales de vellón y el título de profesor diestro. Asimismo, se elevó al conde de Floridablanca una nota sobre el muchacho para su publicación en la *Gaceta*, con el fin de promover su imitación y su conocimiento entre los relojeros y mecánicos.

Los socios valoraron, sobre todo, la creación innovadora o la superación de viejas técnicas y obstáculos. En otros casos, aun siendo copias de modelos franceses o ingleses, la Sociedad celebró su mérito debido a su interés por difundir en España las técnicas del extranjero. De esta manera, se elogiaron las aplicaciones del péndulo al reloj, los nuevos mecanismos de escape o los engranajes tallados con suma precisión y de acuerdo con un diseño mejorado. Estos adelantos no hubieran sido posibles sin un perfeccionamiento de las máquinas-herramientas, por lo que se premiaron el compás de engargante de Juan Calonge, necesario para la construcción de ruedas de relojes pequeños, y el torno de Carlos Montarguis, especializado en la producción de piezas metálicas de precisión por medio de mecanismos automáticos ajustables.

Además se compraron numerosos libros y folletos sobre la mecánica del oficio, y el socio Julián de Velasco se ofreció para formar un diccionario de términos propios del oficio de relojero, para lo cual envió, entre marzo de 1785 y mayo de 1786, una serie de diez trabajos acompañados de ilustraciones, aunque el proyecto, finalmente, no se terminó. Tres años más tarde, Carlos Montarguis, maestro grabador de arcabuces de la Real Casa, presentó a censura de la Matritense algunas herramientas de relojería, con el objeto de hacer una colección de instrumentos y herramientas propias del arte. Los elogios que recibieron estos objetos, entre los que se encontraba un torno, realizados a imitación de los ingleses y suizos, no le motivaron finalmente a profundizar en este proyecto, que fue abandonado por su autor al poco tiempo por falta de apoyo económico[8].

Completó la Sociedad la atención prestada a la tecnología con una política incentivadora mediante la concesión de premios, idea que partió de Campomanes cuando

[8] A. M. MORAL RONCAL: «El arte de la relojería en su concepción ilustrada: La labor de la Clase de Artes y Oficios, 1775-1808», *Boletín del Museo e Instituto Camón Aznar*, LXI, 1995, pp. 109-120.

propuso en sus *Discursos* que las sociedades económicas fomentaran el perfeccionamiento de los trabajadores y fabricantes a través de premios. Se declaró partidario de gratificar públicamente a aquellos agricultores, artesanos o mecánicos que optimizaran procesos productivos, descubrieran plantas capaces de hilarse o de reducirse a tintes, o mostraran habilidades notables en el desarrollo de su oficio, con el fin de que su ejemplo fuera emulado por el resto de la sociedad. Numerosas económicas, a lo largo del último tercio del siglo XVIII, organizaron premios gratificando a los galardonados en metálico, con certificaciones de mérito o con su incorporación a esos cuerpos patrióticos con una categoría superior a socio de número. En algunas ocasiones, la concesión de los premios conllevó su divulgación entre el público a través de esquelas y carteles o su publicación en gacetas.

Sin duda alguna fue una idea importada de Europa, ya que con anterioridad las academias reales, sociedades y círculos ilustrados de Francia, Inglaterra e Italia habían organizado, a lo largo del Siglo de las Luces, una serie de concursos públicos con el objetivo de favorecer el desarrollo de las ciencias y las letras. A partir de 1760, y por espacio de tres años, la Society Instituted at London for the Encouragement of Arts, Manufactures and Comerce, más conocida como Society of Arts, premió los mejores diseños de máquinas capaces de hilar seis hilos de lana, lino, algodón o seda al mismo tiempo, manejadas tan sólo por una persona. En poco tiempo, este tipo de concurso fue imitado por otras instituciones provinciales. El ejemplo británico fue el que más impresionó a Campomanes, que procuró impulsar en España estas actividades, por cuanto repercutían en la mejora tecnológica y el progreso económico.

La clase de Artes y Oficios de la Real Sociedad Económica Matritense organizó 18 concursos de premios entre 1777 y 1806. En principio, el concurso se reservó exclusivamente para la promoción de aprendices y oficiales, aunque a partir de 1782 pudieron inscribirse tanto maestros como fabricantes y maquinistas. En general, se premiaron innovaciones, aplicaciones de novedades ya conocidas en otros países, mejoras en la producción y calidad de productos, memoriales técnicos de oficios, y herramientas perfeccionadas. Se presentaron a concurso un total de 190 personas, minoría emprendedora y activa cuya participación les puso en contacto con otras tareas de la Matritense[9].

Al conocer el interés de los Amigos del País por premiar las mejoras y los avances en todos los campos de la economía, numerosas personas enviaron fuera de concurso objetos y productos para su examen, demandando la concesión de algún premio o una recomendación ante las autoridades para fomentar sus innovaciones. Entre 1776 y 1804 se enviaron 30 muestras, abundando las telas, algodones o papeles teñidos con nuevos colores o por medio de una técnica juzgada como novedosa por su creador.

---

[9] Un estudio más detallado puede consultarse en A. M. MORAL RONCAL: «Los premios a las Artes y Oficios de la Real Sociedad Matritense, 1775-1820», *Boletín del Museo e Instituto Camón Aznar*, LXVII, 1997, pp. 79-95.

7.7. Máquina neumática realizada por Diego de Rostriaga, 1770 *(Museo Nacional de Ciencia y Tecnología, Madrid, n.º de inventario: 85-4-723). Responde a un modelo inglés que permite hacer el vacío merced a dos émbolos que aspiran alternativamente el aire de la campana. Procedente del madrileño Instituto San Isidro, probablemente fue usada con fines educativos. Rostriaga, nombrado «Ingeniero de instrumentos de Física y Matemáticas» por Carlos III (1764), fue socio de mérito de la Económica Matritense de Amigos del País, con la que colaboró entre 1776 y 1780.*

La mayor parte de sus autores recibió certificaciones de mérito y algún tipo de premio, calificando la obra negativamente en muy pocos casos, siendo los tintes las muestras más resaltadas por los comisionados. Tanto la Matritense como la Junta de Comercio y Moneda concedieron una importancia clave a los procedimientos del tinte, necesarios para la expansión de la industria de paños. No en vano la principal manufactura del siglo, la de indianas o tejidos de algodón estampados, fundamentaba su superioridad técnica y calidad en el proceso de estampado o pintado. La exigencia científica del tinte fue reconocida por los propios gremios de tintoreros, como los de Ezcaray, que propusieron denominarse Colegio de Tintología en 1801.

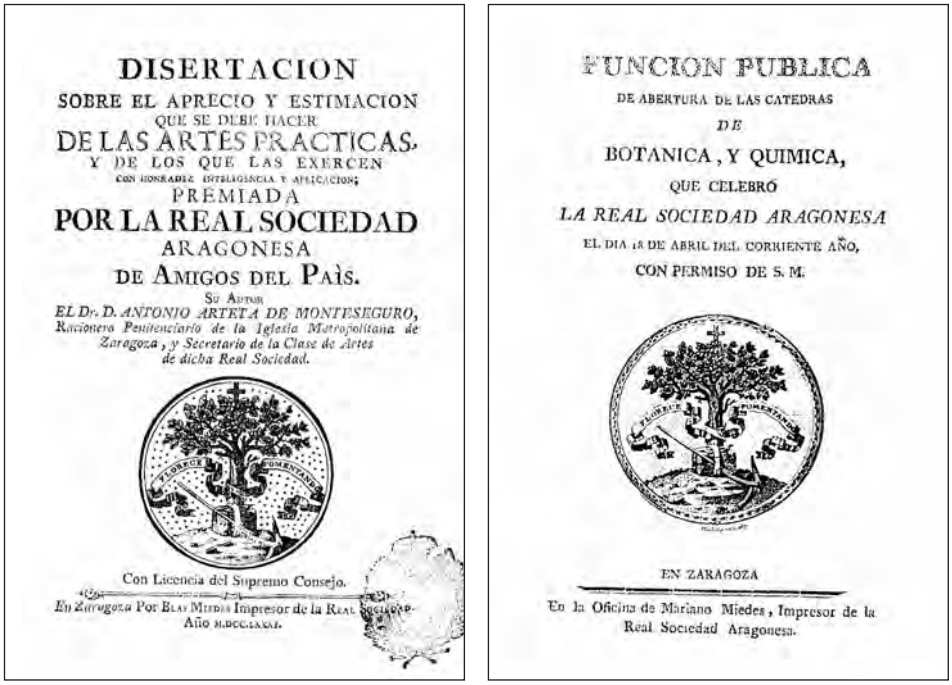
III

Objetivos, proyectos y logros tecnológicos de otras sociedades

El arranque de la orientación hacia el estudio de nuevas tecnologías aplicadas, con anterioridad al comienzo de las actividades de la Matritense, se había producido en la Bascongada, donde a partir de 1765 y hasta 1782, por expresa instigación de su director, el conde de Peñaflorida, se propiciaron una serie de análisis y aplicaciones tecnológicas de índole agrícola e industrial, recogidas en los *Extractos* de sus juntas a partir de 1766. Aquel noble pronto empezó a poner en práctica los conocimientos que había adquirido en sus viajes a Francia, y a interesarse por la evolución científico-técnica de Inglaterra, ordenando la adquisición de libros y la formación de una biblioteca científica a partir de 1771, entre cuyas obras había 166 volúmenes de la *Enciclopedia* francesa, cuya consulta le fue autorizada en la Corte el 7 de febrero de 1792. A la vez mantenía correspondencia con numerosos científicos residentes en aquellas naciones y en otros puntos de Europa, varios de los cuales fueron nombrados socios extranjeros al contemplarse aquella posibilidad en los estatutos de la entidad, actividades y posicionamiento que propiciaron que se introdujeran nuevos cultivos como la colza, abonos como las margas, que se experimentase con variedades vegetales en una granja de Basauri, que se estudiara a fondo el trabajo y la producción de las ferrerías vascas, o que se hicieran pruebas para crear una compañía que preparara merluza ahumada y la comercializase[10].

Mas si en las actividades mencionadas acometidas por la Matritense y la Bascongada primó el estudio de la tecnología favorecedora del sector secundario, no aconteció lo mismo en las sociedades de otras regiones, en las que el sector primario acaparó una mayor atención, al ser plazas ubicadas en amplias zonas de cultivo de regadío y secano, como eran Andalucía, Aragón, Valencia o Castilla. En la primera, la institución que antes comenzó a funcionar fue la Sociedad de Verdaderos Patricios de Baeza (Jaén), ya que sus estatutos provisionales, aprobados el 31 de mayo de 1774, se adelantaron a los de la Matritense. Sus enfoques de aplicación de nuevas técnicas en agricultura se dirigieron a mejorar el cultivo de lino, cáñamo y trigo, destacando dos aspectos novedosos: uno, la expansión de la práctica del cabotoño, consistente en una mejor preparación de las tierras de cultivo al comenzar el otoño según se practicaba tradicionalmente en algunas localidades de la comarca; y otro, la plantación de algarrobos en terrenos yermos, gracias a cuyos residuos orgánicos pudieron después recoger cosechas de avena. En materia industrial trataron sin éxito de restaurar la

[10] J. SARRAILH: *La España ilustrada de la segunda mitad del siglo XVIII,* México, Fondo de Cultura Económica, 1957, pp. 230 y ss., y J. DEMERSON: «Los extranjeros en la Real Sociedad Económica Vascongada de los Amigos del País 1765-1792», en *Las Reales Sociedades Económicas de Amigos del País y su obra*, San Sebastián, Patronato José María Quadrado, 1972, pp. 43 y ss.



DISERTACION
SOBRE EL APRECIO Y ESTIMACION
QUE SE DEBE HACER
DE LAS ARTES PRACTICAS,
Y DE LOS QUE LAS EXERCEN
CON HONRADEZ INTELIGENCIA Y APLICACION;
PREMIADA
POR LA REAL SOCIEDAD
ARAGONESA
DE AMIGOS DEL PAÌS.
Su Autor
EL Dr. D. ANTONIO ARTETA DE MONTESEGURO,
Racionero Penitenciario de la Iglesia Metropolitana de Zaragoza, y Secretario de la Clase de Artes de dicha Real Sociedad.
Con Licencia del Supremo Consejo.
En Zaragoza Por Blas Miedes Impresor de la Real Sociedad.
Año M.DCC.LXXXI.

FUNCION PUBLICA
DE ABERTURA DE LAS CATEDRAS
DE
BOTANICA, Y QUIMICA,
QUE CELEBRÓ
LA REAL SOCIEDAD ARAGONESA
EL DIA 18 DE ABRIL DEL CORRIENTE AÑO,
CON PERMISO DE S. M.
EN ZARAGOZA
En la Oficina de Mariano Miedes, Impresor de la Real Sociedad Aragonesa.

7.8. De la valoración positiva de las artes prácticas *(disertación de Antonio Arteta de Monteseguro, premiada por la RSE Aragonesa, 1781) y de la técnica científicamente fundada (apertura de las cátedras de Botánica y Química, 1797). Fondos RSE Aragonesa, Zaragoza.*

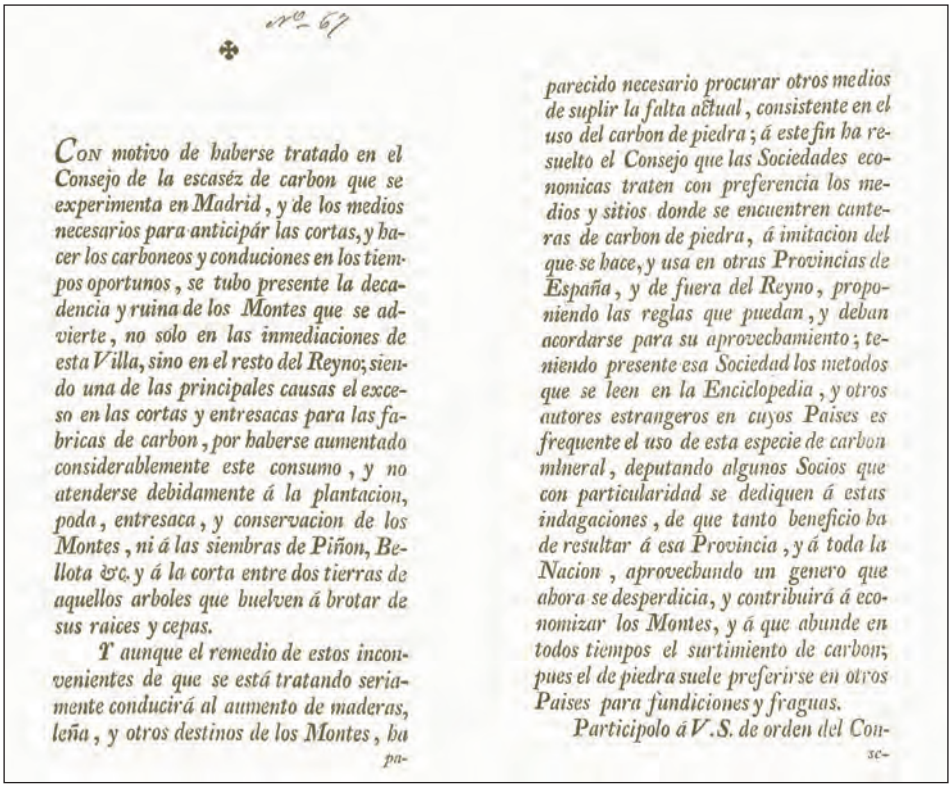
fabricación de paños, bayetas, sargas y lienzos adquiriendo telares modernos, y practicaron ensayos para mejorar las técnicas de trabajos en metal[11].

A su vez, aunque fundada en 1775, la Real Sociedad Económica Sevillana no tuvo estatutos en vigor hasta tres años más tarde, después de una serie de elaboraciones. No obstante, durante ese período de tiempo, los socios emprendieron iniciativas que quedaron plasmadas en el primer tomo de *Memorias* editado por la entidad andaluza. Con el objeto de fomentar la agricultura, los Amigos del País, en primer lugar, consultaron cuantas obras nacionales y extranjeras podían prestar una ayuda eficaz a los campesinos españoles. Tras lo cual procuraron impulsar el cultivo del lino, algodón y cáñamo; enseñaron el uso de la magasilla y otras tierras, y propagaron el uso de cenizas, sal, conchas de mar y residuos vegetales como abono. Algunos socios estudiaron la cría de abejas, practicando diversos experimentos, así como la de la cochinilla y el

11 La creación y evolución de esta entidad ha sido estudiada por I. ARIAS DE SAAVEDRA ALÍAS: *Las Sociedades Económicas de Amigos del País del Reino de Jaén*, Jaén, Diputación Provincial de Jaén/Universidad de Granada, 1987, pp. 107-188.

plantío de moreras, mientras que otros estudiaron el repartimiento de tierras para el sustento del mayor número de familias.

Con el objeto de establecer un mayor número de industrias en Sevilla, crearon dos fábricas de papel, mientras procuraban el desarrollo de la industria textil y el mejoramiento de la seda. Además, se promovió la aplicación de nuevas tecnologías y herramientas en los trabajos de curtido, tintorería y bayeta. De acuerdo con el ideal de perfeccionamiento a través de la divulgación de nuevos conocimientos, la Sevillana pensionó a varios jóvenes artesanos para que estudiaran al lado de renombrados maestros tintoreros en distintas ciudades españolas. También fueron objeto del cuidado de la Sociedad las fábricas de botones, pasamanería, jabón, sebos, esteras, peines, hierro, latón y pieles, introduciendo mejoras en su proceso de elaboración. Las fábricas de curtidos y quincallas establecidas por los Amigos del País fueron visitadas por maestros y oficiales con el objeto de aprender la aplicación y uso de nuevas máquinas, al tiempo que algunos de ellos participaban en los concursos que organizaba la Sociedad para la mejora de los oficios.



nro. 67

✠

Con motivo de haberse tratado en el Consejo de la escaséz de carbon que se experimenta en Madrid, y de los medios necesarios para anticipár las cortas, y hacer los carboneos y conduciones en los tiempos oportunos, se tubo presente la decadencia y ruina de los Montes que se advierte, no sólo en las inmediaciones de esta Villa, sino en el resto del Reyno; siendo una de las principales causas el exceso en las cortas y entresacas para las fabricas de carbon, por haberse aumentado considerablemente este consumo, y no atenderse debidamente á la plantacion, poda, entresaca, y conservacion de los Montes, ni á las siembras de Piñon, Bellota &c. y á la corta entre dos tierras de aquellos arboles que buelven á brotar de sus raices y cepas.

Y aunque el remedio de estos inconvenientes de que se está tratando seriamente conducirá al aumento de maderas, leña, y otros destinos de los Montes, ha parecido necesario procurar otros medios de suplir la falta actual, consistente en el uso del carbon de piedra; á este fin ha resuelto el Consejo que las Sociedades economicas traten con preferencia los medios y sitios donde se encuentren canteras de carbon de piedra, á imitacion del que se hace, y usa en otras Provincias de España, y de fuera del Reyno, proponiendo las reglas que puedan, y deban acordarse para su aprovechamiento; teniendo presente esa Sociedad los metodos que se leen en la Enciclopedia, y otros autores estrangeros en cuyos Paises es frequente el uso de esta especie de carbon mineral, deputando algunos Socios que con particularidad se dediquen á estas indagaciones, de que tanto beneficio ha de resultar á esa Provincia, y á toda la Nacion, aprovechando un genero que ahora se desperdicia, y contribuirá á economizar los Montes, y á que abunde en todos tiempos el surtimiento de carbon; pues el de piedra suele preferirse en otros Paises para fundiciones y fraguas.

Participolo á V.S. de orden del Consc-

7.9. Potenciación del uso del carbón de piedra, frente al corte de leña en los montes. *El Consejo de Castilla (agosto de 1785) encarga a las sociedades económicas (la Aragonesa en este caso) que busquen yacimientos y colaboren en su puesta en marcha (Archivo RSE Aragonesa, Zaragoza).*

El gremio de esparteros solicitó la ayuda de la Sociedad para enseñar su oficio a los presos de las dos cárceles de la ciudad. Teniendo en cuenta que esta faceta educativa entrañaría una notable mejora social, los Amigos del País concedieron a los artesanos 4.000 reales por trasmitir sus conocimientos. En 1779, en razón de la recomendación realizada por el conde de Floridablanca a favor de dos ingleses llamados James Omaz y Joseph Costerg, que pretendían establecer en Sevilla una fábrica de quincallería, los Amigos del País acordaron prestarles todo el apoyo posible para contribuir a fomentar un establecimiento tan productivo. Finalmente, ambos se establecieron en la ciudad, costeándoles la Sociedad su alojamiento, al tiempo que abría una suscripción de 2.000 acciones para invertir en el proyecto, facilitándoles el terreno necesario para ello. La Corona también apoyó económicamente la creación de la fábrica, concediendo 12.000 pesos sencillos sobre la renta de los Reales Alcázares. Sin embargo, el proyecto fracasó debido a las dificultades encontradas para importar las máquinas necesarias.

Al igual que los quincalleros británicos, todos los industriales extranjeros y nacionales que solicitaron ayuda a los Amigos del País para establecer fábricas de seda, lana, hilo o cualquier otra, encontraron siempre apoyo, no sólo por el hecho de aumentar el tejido fabril de la ciudad sino por facilitar la enseñanza y los adelantos técnicos a un mayor número de trabajadores. El dinamismo de la Económica Sevillana fue conocido en toda la Andalucía occidental, de tal manera que, desde ella, Jovellanos promovió la creación de las sociedades de Jerez y Sanlúcar de Barrameda, antes de su marcha a Madrid. Sin embargo, las dificultades económicas, al igual que en otras instituciones hermanas, provocaron la lenta decadencia de la Sevillana, que, mediante un gran esfuerzo, había logrado crear varias fábricas con las cuotas de sus socios y con sus donativos extraordinarios, sin lograr conseguir otras fuentes de ingresos con las que mantener tan ambicioso programa reformista[12].

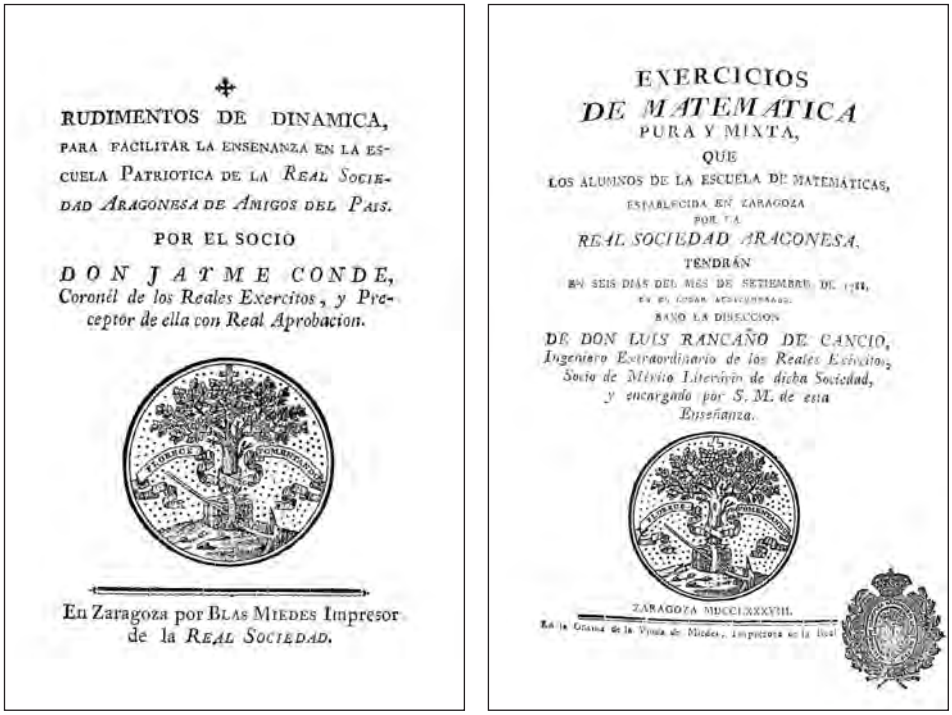
En el caso de Aragón, la Sociedad Económica Aragonesa fue fundada en 1776, y pronto destacó como una de las más activas de España. Desde sus primeras reuniones se impulsó el rastreo sistematizado de plantas y minerales del reino, que dio origen a la creación de un Gabinete de Historia Natural, donde se impuso el sistema de clasificación de Linneo, y cuya finalidad última era buscar su utilidad en la agricultura y la industria. Uno de los resultados más trascendentes fue la llegada cada vez en mayor cantidad de lignitos de los yacimientos turolenses, para sustituir a la leña, cuya escasez era alarmante en todos los términos públicos que rodeaban a la ciudad, lo que dio paso a que muchos artesanos cambiasen sus hábitos de trabajo, y a que con los años se consolidara aquella cuenca como básica en el abastecimiento energético de Aragón. Posteriormente se fundó un jardín botánico y se adecuó un huerto para realizar

[12] Sobre la evolución de esta entidad sevillana véase D. DE LOS RÍOS: *Pasado, presente y porvenir de la Sociedad Sevillana de Amigos del País*, Sevilla, 1892, y los trabajos de F. AGUILAR PIÑAL sobre la fundación aparecidos en *Archivo Hispalense*, 109, pp. 187-193, y 113, pp. 77-94.

análisis de tierras y abonos; también se probaron varios artefactos agrícolas, como trilladoras, arados, sembraderas, norias o bombas de agua, y se realizaron cultivos de plantas nuevas, injertos en árboles frutales, selección de moreras para la producción de seda; se sembraron trigos de diversas especies para determinar los de mejor rendimiento, decantándose abiertamente por promover el cultivo de la patata, con el fin de emplear su harina mezclada con la de trigo para abaratar el pan. El cultivo de azafrán, lino, trigo, alfalfa, olivo y cacahuete fueron objeto de estudios que se publicaron, como consecuencia del ofrecimiento de premios que estimularon aquella producción científica, en la que sus autores se esmeraban en ponerse al día y ofrecer información puntera sobre las técnicas más eficaces.

En el sector artesano-fabril, la relación entre ambos era del 90 al 10 %, con un predominio, pues, muy acusado del sistema de producción artesanal, en el que la normativa gremial primaba, atenazándolo de tal manera que lo había convertido en atrasado: como resultado de la excesiva regulación, la producción era reducida y a precios poco competitivos, y sin apenas futuro ante la llegada de productos de fuera más baratos que los comerciantes introducían en el mercado aragonés, al no estar incluidos en las ordenanzas gremiales vigentes. Los Amigos del País, entre 1778 y 1783, intentaron sin éxito romper aquel marasmo de ordenanzas restrictivas, a pesar de lo cual no se desanimaron, ya que la mejora de las técnicas de producción fue el consiguiente camino emprendido para solventar en parte aquella situación. Se redactaron hojas informativas, pequeños trabajos o tratados más amplios que se enviaban a los gremios y autoridades locales, donde se recogían las técnicas más avanzadas; la inspiración se buscaba en la *Enciclopedia* francesa y en libros publicados dentro y fuera de España, que se adquirían directamente o a través de socios residentes en el extranjero. Aquella intencionalidad no estuvo exenta de atender objetivos de producción que interesaban a los propios socios vinculados a determinados subsectores, como el alimenticio o el de la producción de hilo de seda. La llegada de operarios provenzales para servir un nuevo molino de aceite que aumentó la calidad de éste, y la difusión del torno de hilar la seda de Vaucanson, que tuvieron lugar en la década de los 80, estuvieron vinculados al empresario Juan Martín de Goicoechea, y a los gremios que controlaban la producción sedera de gran consumo entre las clases dominantes, cuya decadencia no logró ser frenada.

La posibilidad de que la Económica se convirtiera en un centro de promoción de empresas productivas por la renovación tecnológica, que debió de atraer en principio a determinados socios, no cuajó, primando las orientaciones destinadas a la divulgación de nuevas técnicas en las ramas de la producción alimenticia, la cerámica, el vidrio, la piel, la construcción, la textil, la metalúrgica, la química, etc. Por citar algunas iniciativas, consta que se hicieron ensayos con prototipos de máquinas de agramar cáñamos, se apoyó la renovación de la producción de lonas y tejidos de lana, se publicaron memorias como la de M. R. Maupin sobre la elaboración de vinos o la de José B. de Cistué sobre el blanqueo de lienzos, se becó a un alumno en el taller de Antonio



RUDIMENTOS DE DINAMICA,
PARA FACILITAR LA ENSENANZA EN LA ESCUELA PATRIOTICA DE LA *REAL SOCIEDAD ARAGONESA DE AMIGOS DEL PAIS.*
POR EL SOCIO
DON JATME CONDE,
Coronél de los Reales Exercitos, y Preceptor de ella con Real Aprobacion.
En Zaragoza por BLAS MIEDES Impresor de la *REAL SOCIEDAD.*

EXERCICIOS
DE MATEMATICA
PURA Y MIXTA,
QUE
LOS ALUMNOS DE LA ESCUELA DE MATEMÁTICAS,
ESTABLECIDA EN ZARAGOZA
POR LA
REAL SOCIEDAD ARAGONESA,
TENDRÁN
EN SEIS DIAS DEL MES DE SETIEMBRE DE 1788,
EN EL QUAR ACOSTUMBRADO,
BAJO LA DIRECCION
DE DON LUIS RANCAÑO DE CANCIO,
Ingeniero Extraordinario de los Reales Exércitos, Socio de Mérito Literario de dicha Sociedad, y encargado por S. M. de esta Enseñanza.
ZARAGOZA MDCCLXXXVIII.

7.10. De la obsesión docente de la RSE Aragonesa: *1) J. Conde,* Rudimentos de Dinámica*, Zaragoza, 1781; 2)* Ejercicios de Matemáticas puras y mixtas*, bajo la dirección de L. Rancaño de Cancio, director de la Escuela de Matemáticas de la RSE Aragonesa, Zaragoza, 1788. Fondos RSE Aragonesa, Zaragoza.*

Martínez para que trajera sus innovaciones en el arte de la orfebrería, se promocionó la construcción de instrumentos musicales, o se buscaron operarios capaces de preparar el mejor acero para instrumentos, herramientas y piezas de relojería. El método de la oferta de premios se empleó con profusión, alcanzando los 75.040 reales los anunciados entre 1776 y 1808, de los cuales únicamente 18.635 fueron adjudicados, pues no hubo en muchos casos optantes: se premió una sola memoria, en tanto que el resto del dinero fue a parar a manos de artesanos y fabricantes, no tanto por sus mejoras técnicas, sino por la cantidad o la calidad de lo que presentaban[13].

[13] Un resumen reciente de las actividades de esta entidad puede verse en J. F. FORNIÉS: *La Real Sociedad Económica Aragonesa de Amigos del País*, Zaragoza, Caja de Ahorros de la Inmaculada de Aragón, 2000. En cuanto a las materias abordadas por la Sociedad, véase J. F. FORNIÉS: *Fuentes para el estudio de la sociedad y la economía aragonesas, 1776-1808*, Zaragoza, Institución Fernando el Católico, 1980.

Por su parte, la Real Sociedad Económica de Amigos del País de Valencia, que inició sus actividades en 1778, comenzó de inmediato sus ensayos e innovaciones para mejorar el sector primario en función de las características de su zona de influencia. Así, se dedicó a mejorar el cultivo de las moreras y la cría de la seda, del trigo, de los viñedos y del cáñamo, dada su incidencia en el sector secundario. Se planteó también el traer linazas de los países nórdicos y tierras margas de Inglaterra, y dedicó una atención especial a los métodos para hacer vino. A partir de 1781 apoyó abiertamente la utilización de los tornos de Vaucanson para hilar la seda por parte de los dedicados a su elaboración, pues permitían obtener un hilo más fino y resistente, necesario para la mejora de los tejidos confeccionados por los gremios que usaban aquella materia prima, de tanta tradición en la ciudad. La obra de Francisco Ortells en la que se defendía dicho torno se repartió con profusión, e influyó en otras zonas, como en Zaragoza, donde se montó un hilador servido por aquellos tornos, que empezó a producir a partir de julio de 1782.

Otras iniciativas llevaron a los socios valencianos a probar con máquinas devanadoras de hilos, agramadoras de cáñamo, y distintos telares para la producción de medias, e incluso se embarcaron en la creación de una compañía de ventas de tejidos de seda, llevándoles su celo protector hasta solicitar al rey que prohibiese la llegada de seda extranjera a la ciudad. En paralelo examinaron máquinas y herramientas que les llegaban, bien por el ofrecimiento de premios o bien sometidas voluntariamente por sus creadores, ante la expectación y estímulo a la creación que la Sociedad producía. En 1782 el maestro platero Joaquín Gisbert presentó una máquina para coger olivas sin dañar a los árboles, y años más tarde se hicieron pruebas con una máquina refrigerante, con otras destinadas una a cavar, y otra a desgranar y trillar de paso que aventaba la paja de la mies. Junto a proposiciones lógicas, otras resultaban un tanto chocantes, como la presentada por Pedro Castell en 1778, cuando pretendió que la Sociedad le premiara por la invención de un secreto para volver negra la arena del mar[14].

Otras sociedades aparentemente más modestas, como la Real Sociedad Económica Numantina de los Amigos del País de Soria y su Provincia, y la de Segovia, fueron consiguiendo medios de financiación que les facilitaron el cumplimiento de objetivos concretos técnicos y tecnológicos. Así, aquellas entidades obtuvieron desde 1782 unos ingresos estables para el mantenimiento de sus escuelas de hilar, consistentes en medio real por cada arroba de lana lavada en los lavaderos de la ciudad, y un cuarto en los existentes en los demás pueblos de la provincia, lo que les permitió también la instalación de fábricas de medias, tintes, o paños y bayetas, como hizo la

[14] Un seguimiento simple de las actividades de esta sociedad puede hacerse a través del trabajo de F. ALEIXANDRE TENA: *Catálogo documental del Archivo de la Real Sociedad Económica de Amigos del País de Valencia, 1776-1876*, Valencia, Caja de Ahorros de Valencia, 1978.

Numantina[15]. También en Castilla, la Real Sociedad Económica de Valladolid, que inició sus actividades en 1784[16], practicó estudios y actividades específicas, promoviendo el cultivo del azafrán y de la patata, de paso que intentaban restaurar la fabricación de tejidos de lana, mediante un amplio análisis de las causas de su decadencia, decantándose después por implantar una fábrica de manufacturas menores con maquinaria nueva y operarios de fuera, lo que completaron con estudios sobre el teñido de paños[17].

Por su parte, la Sociedad de Murcia, además de instalar talleres de producción de cintas y tejidos de seda, hizo ensayos de cultivo con viñas, olivos, cacahuete y algodón, ocupándose de estudiar el aprovechamiento del agua mediante canales, preocupación que compartió entre otras con los Amigos del País de Zaragoza, y Tárrega. Esta última, que había centrado sus objetivos en la realización del canal que abasteciera a la llanura de Urgel, instaló una fábrica de velas y otra de cintas de hilo y algodón de tecnología madura, para ir incentivando a la población a industrializarse. A su vez, la Real Sociedad de Tarragona montó una fábrica de hilatura y tejeduría de algodón y lino, que dotó de tornos ingleses a partir de 1793, mejorando la calidad de sus telas de algodón, que tenían salida, si bien se reconocía que la entrada de las inglesas impedía un mayor desarrollo de la industria propia[18].

Como puede apreciarse, cada sociedad trataba de adecuar sus apoyos tecnológicos en función de las necesidades específicas de su área de acción, produciéndose similitudes y diferencias de unas a otras, y dándose el caso de que cuando publicaban ensayos, memorias, extractos de actas y otros documentos, como las noticias que proporcionaban a la *Gaceta de Madrid*, inducían a otras sociedades a ensayar sobre lo mismo al objeto de aportar nuevas experiencias, lo que dio lugar a una corriente generalizada de expectación tecnológica, que afectó en menor medida a las zonas donde la red de sociedades no actuaba. Igualmente, la creación de bibliotecas en aquellas sociedades con predominio de obras técnicas fue otro elemento novedoso y a la vez generador de emulación de unas entidades con respecto a otras.

IV

Docencia e innovación técnica

Durante el reinado de Carlos III por primera vez en España se dieron pasos encaminados a una futura vertebración del sistema educativo, auspiciados e impulsados

---

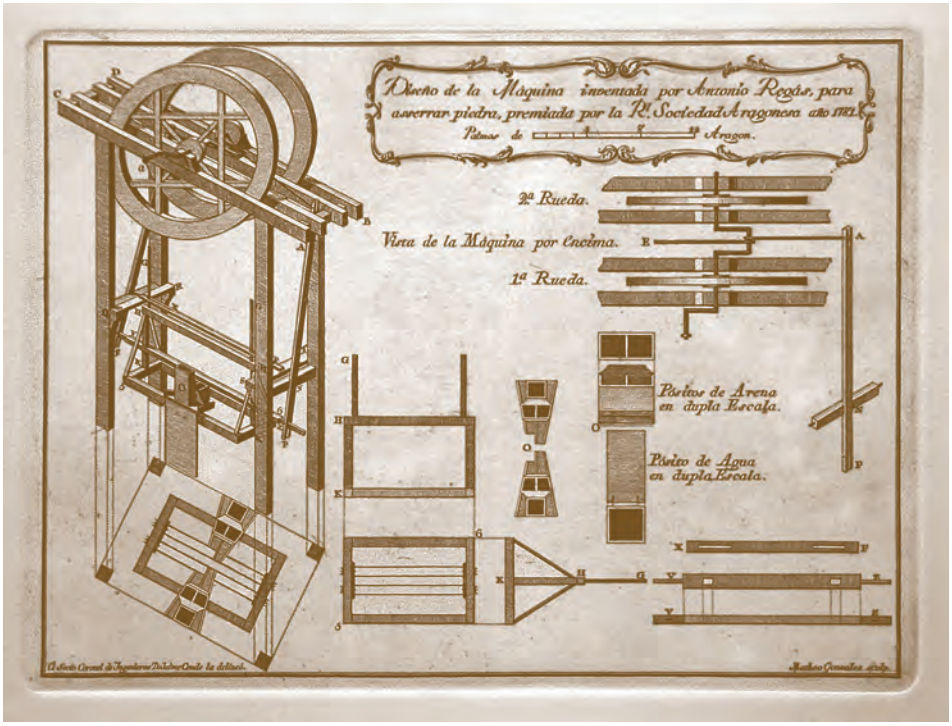
15 J. A. PÉREZ-RIOJA: «La Sociedad Económica Numantina de los Amigos del País de Soria y su Provincia», en *Las Reales Sociedades...*, *op. cit.,* pp. 344-345.

16 La enumeración de estas primeras actividades puede verse en J. DEMERSON: *La Real Sociedad Económica de Valladolid (1784-1808). Notas para su historia*, Valladolid, Universidad de Valladolid, 1969.

17 M. VELÁZQUEZ, *op. cit.,* enumera estas actividades.

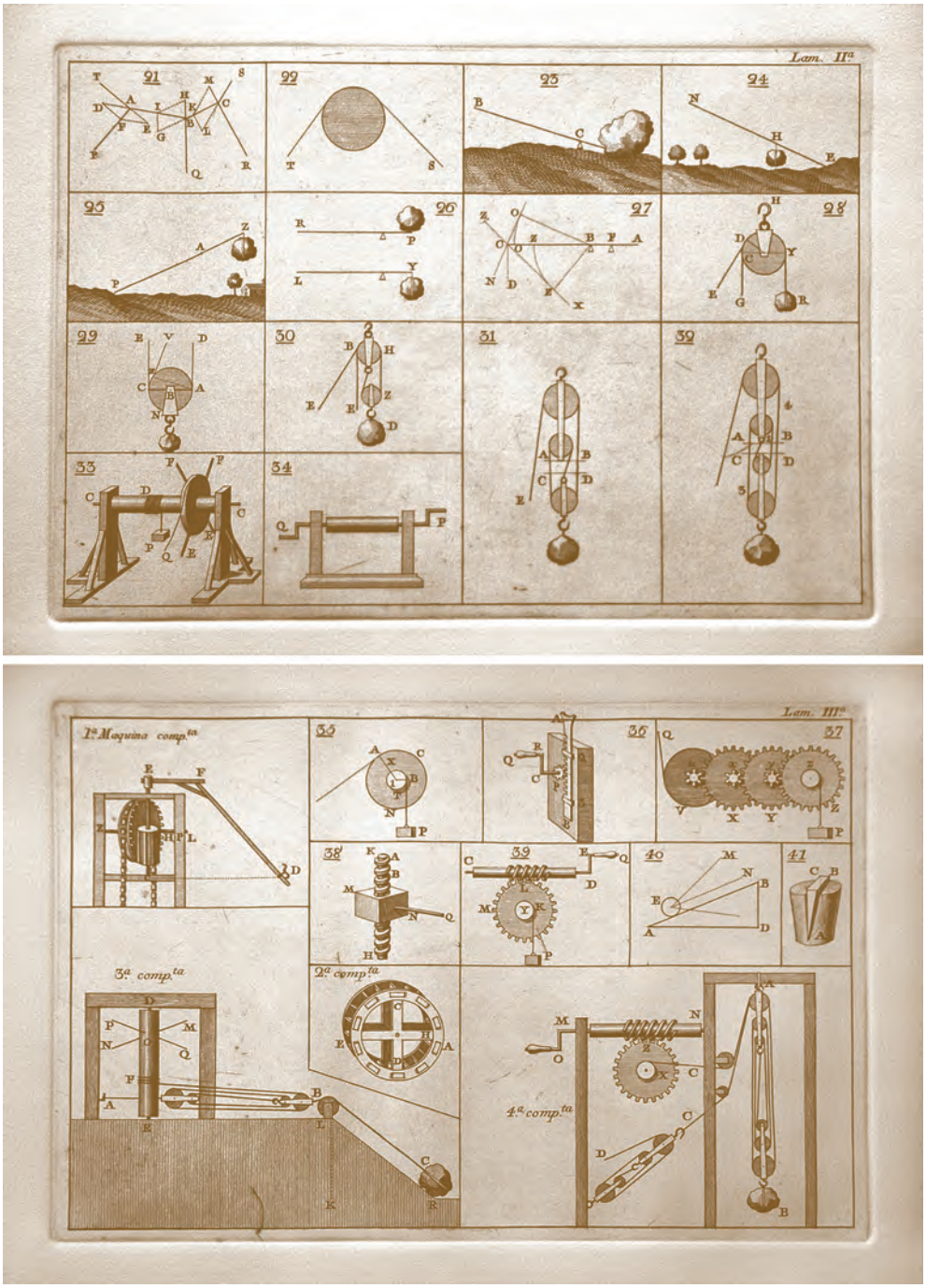
18 E. LLUCH: «Las Sociedades Económicas de Cataluña», en *Las Reales Sociedades...*, *op. cit.,* pp. 293 y ss.

desde el propio poder político, y en ese proyecto la aportación de los amigos del país no fue en absoluto desdeñable. Precisamente, el conde de Campomanes había definido como objetivo prioritario de las sociedades económicas la preparación de los hombres que habían de sustentar la renovación educativa. Así, una de sus acciones había de ser la educación de la nobleza, tanto si aceptaba su integración como si no en aquellos organismos ilustrados. Los socios de la Bascongada fueron los primeros en aprobar la creación de una escuela provisional en septiembre de 1775, instalándose al año siguiente, para procurar educar a la aristocracia con postulados distintos de los de los colegios mayores y universidades, y en consonancia con las nuevas posturas reformistas[19].



7.11. Máquina premiada por la Real Sociedad Aragonesa: *Diseño de Antonio Regás para aserrar piedra. Dibujo de J. Conde, grabado por Mateo González, Zaragoza, 1781. (Fondos RSE Aragonesa, Zaragoza; fot.: M.S.S.)*

19 Sobre ella véase *Seminario de Peñaflorida, amistades y sociedades en el siglo XVIII: La Real Sociedad Bascongada de Amigos de País*, Bilbao, Sociedad Bascongada, 2001, y J. I. URÍA: *Los Amigos del País: Real Sociedad Bascongada de Amigos del País*, Bilbao, Coinpasa, 1998.



7.12. Láminas probablemente dibujadas por J. Conde, *para su curso de* Matemática Mixta. *Zaragoza, 1786. (Fondos RSE Aragonesa, Zaragoza; fot.: M.S.S.)*

Los ensayos educativos de las económicas estuvieron insertos, en este sentido, en unas orientaciones generales de enseñanza teóricamente apoyadas por el Gobierno, aunque respondieron básicamente a la iniciativa privada, teniendo, por ello, un carácter ecléctico y estamental. Con razón se ha podido decir que, pese a los postulados reformistas y al apoyo que prestaron a sectores sociales renovadores, los amigos del país no defendieron un cambio social revolucionario. Los discursos de Ibáñez de la Rentaría sobre educación, presentados a la Sociedad Bascongada a comienzos de la década de los 80 del siglo XVIII, acreditaron la inexistencia de una cierta uniformidad de programas para todos los grupos de la sociedad española. En 1786, el Consejo de Castilla ordenó a las sociedades económicas situadas en capitales de provincia fomentar la creación de seminarios de nobles y gentes acomodadas, además de otros centros para artesanos y menestrales.

Por otra parte, aquel proyecto general de fomento de la educación mantuvo las notables diferencias existentes de orientación en función del sexo del alumnado. Las mujeres debían aplicarse, fundamentalmente, a la lectura, la escritura, la doctrina cristiana y ciertas artes relacionadas con economía doméstica y la industria textil, ejercida en su casa o en casa u obradores ajenos. Los varones, además de los conocimientos elementales, tenían adjudicado un papel preferente y más diversificado en las enseñanzas científicas y tecnológicas. Aun con todo, los amigos del país mantuvieron tres objetivos comunes de acción: la alfabetización, la formación profesional y el fomento de las llamadas ciencias útiles, que ejercieron en diversos centros de enseñanza patrocinados por sus sociedades, y de los cuales predominaron tres: las escuelas de primeras letras, las escuelas patrióticas orientadas hacia diversas ramas de formación profesional, y las cátedras donde se impartían enseñanzas científicas que complementaban la formación de los universitarios.

Las primeras tuvieron como función primordial la educación básica de niños y niñas para retirarles de la calle, donde mendigaban o se maleducaban. Entre las segundas, las destinadas al colectivo femenino aunaron la enseñanza de los rudimentos culturales, incluido el dibujo, con la de un oficio, principalmente de hilados o de tejidos de materias textiles, pues estaban destinadas a gente joven y adulta deseosa de aprender un oficio, en su mayoría analfabeta, de ahí que se les diera educación básica junto a la profesional. En el segundo discurso de su *Apéndice a la educación popular de los artesanos y su fomento*, el conde de Campomanes expuso los medios y modos para llevar a la práctica estas instituciones. En su opinión, para que España prosperase debían extenderse las ocupaciones útiles; dentro de éstas, las más fáciles y sencillas eran las más convenientes, pues podían aprenderlas todos sus habitantes. Así, la enseñanza más elemental de las escuelas patrióticas debía centrarse en el hilado al torno de las diversas fibras existentes destinadas a la industria textil, en lo que fue secundado casi de inmediato por los promotores de las sociedades, empezando por los de la Matritense y siguiendo por los de varias sociedades periféricas, dando paso a

la generalización de la tecnología madura de la producción de diferentes modelos de tornos para hilar materias primas textiles[20].

Pero también se crearon otras escuelas patrióticas de oficios que requerían de una mayor cualificación destinadas casi siempre a varones, y que podemos considerar precedentes de las escuelas de artes y oficios, e incluso algunas ajenas al sector secundario, como fue el caso de las escuelas de agricultura, precedentes de las escuelas de capataces agrícolas. Además, Campomanes fue partidario de impulsar especialmente las escuelas de dibujo, conocimiento necesario tanto para la formación de los relojeros como para la de otros maestros, oficiales y aprendices que trabajaban con madera, metales, pieles y otras materias primas, llegando a darse el caso de que alguna se trasformó en Academia de Nobles y Bellas Artes, habida cuenta del nivel alcanzado en sus enseñanzas. Unas y otras tuvieron el objetivo de formar un artesanado mecánico de primera categoría, con el propósito de homologarlo a los mejores menestrales de Francia o Suiza, o labradores instruidos en técnicas avanzadas; pero sus resultados fueron muy diversos, dependiendo de la capacidad organizadora de cada sociedad, de sus recursos financieros y de la demanda. Tanto las escuelas de primeras letras como las patrióticas estuvieron sujetas a la vigilancia de los socios curadores, de los cuales un número siempre destacado pertenecía al clero, que se ocupaba de que la doctrina cristiana fuera un componente permanente de la nueva educación impartida, donde, si bien primaba lo técnicamente avanzado, no por ello debía sufrir menoscabo el control doctrinal que sobre el sistema educativo ejercía la Iglesia.

A un nivel superior, sin pretender suplantar a las universidades, pero sí suscitando envidias y recelos en ellas, las económicas promovieron cátedras o enseñanzas más especializadas que vinieran a complementar las enseñanzas universitarias. La Bascongada, la Matritense y la Aragonesa sostuvieron cátedras que crearon expectativas de nuevas fundaciones en otros lugares; de hecho, Gaspar Melchor de Jovellanos intentó que en Asturias se abrieran varias, proponiendo que las enseñanzas científicas se dispensaran en un seminario de nobles o que la propia Sociedad dotara cátedras independientes. En general, los amigos del país quisieron que sus cátedras estuvieran abiertas a las nuevas corrientes científicas europeas, y podemos concluir que tanto aquéllas como los demás centros mencionados hicieron uso de tecnología avanzada: en las escuelas de primeras letras, mediante el ensayo de nuevas técnicas pedagógicas; en las escuelas patrióticas, gracias a pruebas continuadas de máquinas y herramientas más efectivas y con diseños en evolución; y en las cátedras, haciendo uso de instrumental avanzado importado o producido según los últimos conocimientos.

---

[20] Estas ideas aparecen bien definidas en la obra de O. NEGRÍN FAJARDO: *La educación popular en la España de la segunda mitad del siglo XVIII. Las actividades educativas de la Sociedad Económica Matritense*, Madrid, UNED, 1987.

Un repaso algo más detallado de las actividades docentes de varias sociedades nos permite ahondar en estos criterios. Así, sabemos que la preocupación de los amigos del país afincados en las provincias vascas por educar a la nobleza tuvo su convergencia con los propósitos del conde de Campomanes. El fiscal del Consejo de Castilla estaba convencido de que una nobleza culta y trabajadora había de ser un instrumento especialmente idóneo para la estabilidad social y la prosperidad económica. Sin embargo, junto al deseo de reeducar a la nobleza, la Bascongada pronto manifestó su interés por fomentar la industria popular y promocionar varios tipos de ensayos educativos. De esta manera, el 4 de noviembre de 1774 se abrió la Escuela de Dibujo del Señorío de Vizcaya, centro de enseñanza gratuita bajo la dirección del maestro Aguiarte, que se anticipó al centro de estudios avanzados destinado a la elite. En septiembre de 1775 éste ya contaba con un programa de funcionamiento y objetivos, y empezó a impartir docencia en el antiguo colegio de jesuitas de Vergara a partir del 4 de noviembre de 1776, con el apoyo de la Corona, que declaró válidos los estudios que se iban a cursar, al tiempo que le concedía importantes privilegios.

De esta manera surgió el Real Seminario Patriótico de Vergara, uno de los centros educativos con mayor proyección de la época ilustrada en España. Además de enseñanzas generales (Religión, Latín, Castellano, Francés, Física experimental, Matemáticas), se impartieron enseñanzas particulares desde las cátedras de Química, Mineralogía y Física, dotadas con biblioteca, gabinetes y laboratorios, que fueron una avanzadilla en las renovaciones pedagógicas. Los viajes de los socios y las relaciones con otros reinos y centros de investigación contribuyeron en buena medida a crear la imagen de una institución respetable. El Seminario incluyó en sus planes buena parte de las materias propuestas por el conde de Peñaflorida en su *Discurso preliminar* para las sociedades económicas[21].

Si bien el apoyo de los socios vascos fue fundamental, no resulta menos cierto que en este proyecto educativo influyó la Corona, mediante la Secretaría de Despacho de Marina. Entre 1774 y 1794 se impulsaron notablemente las cátedras de Química y Mineralogía de Vergara por parte del Gobierno, al tiempo que los Amigos del País diseñaban un plan de espionaje industrial que permitiese copiar los procedimientos de fabricación de cañones vigentes en la factoría de Carron, en Escocia. Además, se llevaron a cabo trabajos que condujeron a logros científicos tales como el aislamiento del wolframio por los hermanos Elhuyar o la consecución de la maleabilidad del platino para uso industrial y científico por François Chabaneau. En cuanto a la docen-

21 Las orientaciones educativas de la Bascongada pueden seguirse en las obras de A. CELAYA IBARRA: *La educación como objetivo de la Real Sociedad Bascongada de Amigos del País*, Bilbao, Sociedad Bascongada, 2000; M. T. RECARTE BARRIOLA: *Ilustración vasca y renovación educativa: La Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País*, Salamanca, Universidad Pontificia, 1990; y M. M. URTEAGA ARTIGAS: *El tratado de metalurgia de las comisiones (segundas) de la Real Sociedad Bascongada (1765-1773)*, San Sebastián, Diputación General de Guipúzcoa, 1990.

cia, enseñaron química personalidades como Louis Proust y Fausto de Elhuyar, que dieron brillantez y prestigio al centro, mas con los años, en concreto a partir de mediados de la década de 1790, fue deteriorándose al registrarse una continuada degradación de su efectividad por pérdidas de su material didáctico, tanto en las colecciones de materiales y minerales, que se prestaban y no volvían, como en la maquinaria que se estropeaba por el uso y no fue debidamente repuesta por falta de medios. Aun con todo, el Seminario fue durante 20 años fue uno de los centros españoles punteros en materia de difusión científica y tecnológica, alcanzando metas de tecnología avanzada, con una proyección que afectó no sólo a una buena parte de la cornisa cantábrica, sino a toda la nación[22].

Otra sociedad que destacó en las actividades docentes e investigadoras desde su fundación fue la Matritense, en cuyo seno Antonio de la Quadra y Llano, su primer director, presentó en 1775 un plan para la creación de una Escuela de Mecánica, donde, siguiendo las directrices del pensamiento de Campomanes, se enseñara el diseño y fabricación de máquinas e instrumentos para el desarrollo de la agricultura, los oficios y la industria. Según este primer proyecto, la Escuela estaría dirigida por algún célebre maquinista, pues en Madrid trabajaba la mayor parte de ellos, y cada provincia dentro de la jurisdicción de la Matritense enviaría al menos cuatro alumnos, seleccionados minuciosamente, con la condición de que todos los aspirantes supieran leer, escribir, contar y dibujar, y se excluyese a los que no dieran muestras de sobresalir en la construcción de herramientas. Además, como el objetivo de la Escuela era el perfeccionamiento de la labor artesanal, se admitiría un alumno por cada gremio y otro por cada parroquia de Madrid. Los seleccionados serían examinados anualmente por comisarios de la Sociedad, premiando a aquellos que demostraran una mejor aplicación, y estarían obligados a acudir a las clases de dibujo y geometría de la Real Academia de San Fernando.

Una vez que los discípulos consiguieran el grado de maestro, deberían solicitar el apoyo del Consejo de Castilla para poder establecer su propio taller y escuela de maquinaria en sus ciudades y barrios, de manera que propagaran sus técnicas mecánicas. De esta manera, Madrid generaría un buen número de maquinistas que facilitarían la comprensión y el conocimiento de los adelantos técnicos que se estaban produciendo en Europa. El proyecto, como otros muchos, quedó detenido durante un largo tiempo, debido a la ausencia de una fuente de financiación propia, ya que la Matritense siempre cifró sus esperanzas en costear la Escuela con cargo a la Real Hacienda. En 1790, la Sociedad volvió a retomar el proyecto encargando a dos socios la elaboración de un nuevo plan de estudios y organización interna. Sin embargo, no se llegó a presentar el informe deseado. En marzo de 1801 se recibió en la Matritense

22 Una buena versión de los logros de los centros punteros en tecnología vasca es la de I. PELLÓN y R. GAGO: *Historia de las Cátedras de Química y Mineralogía de Bergara a finales del siglo XVIII*, Bergara, Ayuntamiento, 1994.

un proyecto de enseñanzas para la construcción de máquinas y grabado, elaborado por el maestro Antonio Álvarez, sin que nada se resolviera al respecto. Aquella dinámica de ofertas y de falta de resolución en la financiación fue una muestra de las dificultades habidas en las económicas para cumplir la tarea que les asignaron sus principales impulsores.

La Sociedad tuvo un mayor éxito en la creación e impulso de varias escuelas patrióticas. Entre 1776 y 1811, la clase de Industria erigió y administró las de San Ginés, San Sebastián, San Martín y San Andrés. A ellas se añadieron seis establecimientos dedicados a otras actividades específicas de industria popular destinados a evitar importaciones, como fueron la escuela de Encajes (1780-1787), la de Bordados (1787-1812), la de Blondas (1789-1796), el Colegio de Educación (1790-1808), la del Retiro (1796-1808) y la Escuela de Flores de la Reina (1796-1812). Sus enseñanzas entremezclaron objetivos de formación moral y religiosa, de búsqueda de la felicidad y del bienestar individual y colectivo, con los de formación técnica de las educandas, resultando complicado el dilucidar un orden de prioridades entre dichas finalidades, por lo que deben considerarse complementarias e interrelacionadas entre sí, realidad que afectó a otras muchas escuelas patrióticas del país, a causa de la tutela ejercida sobre ellas por el clero ilustrado, cuya concepción del progreso compaginaban con el deseo continuado de no perder un ápice del control moral que ejercían sobre la sociedad.

En consecuencia, la supervisión de su funcionamiento fue compartida por socios curadores laicos y eclesiásticos, nombrados por la Matritense a instancias de su clase de industria y, posteriormente, por socias curadoras, a petición de la Junta de Damas de la Sociedad. La financiación de estos establecimientos se caracterizó también por la escasez de recursos económicos y por las irregularidades e incertidumbres de las espaciadas dotaciones procedentes de la Real Hacienda. Precisamente, la consecución de una dotación económica fija fue una de las peticiones constantes de la Junta de Socios, que nunca llegó a obtener del Consejo de Castilla. Tras un notable impulso inicial, lograron sobrevivir durante el reinado de Carlos IV, pero la crisis de la guerra de la Independencia las desmanteló, incapaces de lograr su propia autonomía económica, dadas las penurias de aquella índole que afectaron a toda la nación.

La Matritense impulsó escuelas de artes y oficios encuadrables también en la denominación de escuelas patrióticas. Estos centros de enseñanza, a diferencia de los anteriores, fueron fundados y administrados por la clase de Artes y Oficios. Numerosos maestros artesanos y fabricantes enviaron proyectos para erigir o transformar sus talleres en escuelas especializadas sin que los socios se lo solicitaran. La clase rechazó todos los planes que no incluían algún principio de la educación popular de Campomanes, al tiempo que enviaba comisionados a los obradores para comprobar la calidad de la obra de aquellos artesanos que pensaban enseñar a través de una nueva pedagogía. Buena parte de estas propuestas fue rechazada, a pesar de su interés y necesidad, por falta de dinero o de acuerdo con las condiciones propuestas por el oferente a la Matritense o al Consejo de Castilla.

Finalmente, la Sociedad intentó erigir nueve escuelas en Madrid: dos proyectos de escuela-fábrica de relojería, tres de pedrería falsa y plata, otro para el fomento de la cordonería, una escuela para hacer fustas de caballo y un taller de cestería. Sin embargo, sólo lograron afianzarse la escuela de talabartería de Manuel Chacón y un obrador para la enseñanza de maquinistas especializados en instrumentos de astronomía, bajo la dirección de Francisco Lorenzo. Una escuela de dibujo de adorno, que prometía excelentes resultados, no consiguió permanecer abierta más de seis meses. También se intentaron establecer fábricas-escuelas de acero en Madrid y Carabanchel, aunque finalmente se rechazaron ante el temor de provocar competencia con la fábrica del Real Sitio de La Granja[23]. Desde un punto de vista pedagógico, las escuelas de Artes y Oficios basaron su enseñanza en el aprendizaje profesional. Los estudios teóricos y el dominio de las primeras letras ocuparon un lugar muy secundario. Algo lógico, si tenemos en cuenta que los maestros a cargo de estos talleres, en su mayor parte, no estaban convencidos de la utilidad de dichas disciplinas para el perfecto manejo de su oficio. Por ello, el número de aprendices de estos obradores disminuyó con el tiempo, mientras creció el de las escuelas patrióticas.

Otra de las sociedades que más objetivos consiguió en materia de difusión tecnológica a través de los centros de enseñanza fue la Aragonesa, pues creó varios dentro de la tipología mencionada. Fundó una Escuela de Primeras Letras en el Arrabal de Zaragoza, y asesoró a la Real Audiencia acerca de la calidad de los métodos de enseñanza que proponían los autores que solicitaban permisos de impresión para sus obras. Entre sus escuelas patrióticas destacó su Escuela Rústica de Agricultura, abierta en 1779 y dedicada a instruir a labradores adultos en nuevas técnicas, sistemas de aprovechamiento de nuevos cultivos, selección de aperos, abonos y semillas, modalidades de injerto, etc., objetivos que no obtuvieron por parte de los posibles alumnos la respuesta de asistencia que se deseaba, de manera que en 1785 se decidió dar un giro a la enseñanza y proporcionársela a los hijos de los labradores, con la esperanza de que una nueva generación de hombres del campo introdujera lo que la mayor parte de los adultos no estaba dispuesta a cambiar por rutina o ignorancia. A partir de 1790 la Escuela pasó a denominarse Cátedra de Agricultura, impartiendo enseñanzas más complejas destinadas a un nivel de propietarios con mayor nivel técnico, en consonancia con las tareas de investigación ya citadas que desarrollaba la Sociedad en aquel sector, quedando reglamentada la asistencia y los exámenes finales anuales, con lo que se había pasado de un centro de formación profesional elemental a otro que se asemejaba a los posteriormente creados de capataces y peritos.

---

[23] M. J. RUBIO ARAGONÉS: «La Sociedad Matritense y la siderurgia en el Madrid del siglo XVIII», *Torre de los Lujanes*, 27, 1994, pp. 255-273.

Destinadas a incrementar la industria popular involucrando a la mujer en la realización de tareas básicas, los Amigos del País aragoneses fueron abriendo a partir de 1778 un conjunto de escuelas de hilar al torno, primero en Zaragoza y después seis más en localidades de las tres provincias del reino. Otra modalidad fueron las escuelas de la Junta de Caridad, siete en total, activas a partir de 1782, donde la educación moral y la alfabetización se compaginaban con un conjunto de enseñanzas de manufacturación textil como cintas, todo tipo de puntos y pequeñas prendas de atuendo femenino, con un notable éxito de asistencia, pues acudían alrededor de 300 alumnas por año, ya que les abonaban pequeñas cantidades por su trabajo, que luego la Junta recuperaba en parte vendiendo aquellas manufacturas. Si este sistema se vio coronado por el éxito gracias a la conjunción de intereses entre ilustrados y población juvenil, también se alcanzó en la Escuela de Dibujo abierta en 1784 en Zaragoza, destinada a que aprendices y oficiales artesanos mejorasen su nivel productivo por el conocimiento de aquella disciplina. Un centenar de alumnos asistía a sus clases por

7.13. La Escuela de Dibujo de la Real Sociedad Económica Aragonesa se transformó en 1793 en Real Academia de las Tres Nobles Artes de San Luis: *1) Emblema, grabado por Mateo González sobre la base del propio de la Real Sociedad Económica Aragonesa con su lema:* Florece fomentando *(Fondos RSE Aragonesa, Zaragoza); 2) Juan Martín de Goicoechea y Galarza (1738-1806), patrocinador de la Escuela de Dibujo (por Buenaventura Salesa y Borja, h. 1800, director que fue de la Escuela).*

las tardes, tras su jornada laboral. Sus salas con modelos de yeso, láminas, pinturas y contando con la traducción de un tratadista italiano, pasaron en 1792 a consolidarse como Real Academia de las Tres Nobles Artes de San Luis, y a superar abiertamente el objetivo inicialme nte fijado.

Aquella dinámica de pasar de escuela patriótica a centro superior de enseñanza que afectó a las escuelas de agricultura y de dibujo, fue la que se siguió en la Escuela de Matemáticas abierta en 1780 para enseñar aritmética, geometría, trigonometría y maquinaria a los artesanos, en ciclos de tres años, y con una asistencia media por curso que osciló de 25 a 50 alumnos. En efecto, a partir de 1784 se cambiaron los objetivos, y tras la llegada de un nuevo director, Luis Rancaño de Cancio, oficial de Ingenieros, se estructuró la enseñanza en cuatro cursos en los que se impartía física, matemáticas, arquitectura, ingeniería militar y mecánica, y cuyo resultado en la formación eran personas capacitadas en arquitectura, ingeniería de obras públicas y fortificaciones, e ingeniería industrial. El centro contó con una dotación económica permanente otorgada por la Corona, y la protección de los Reales Ejércitos, que además de proporcionarles profesorado competente donaron un importante conjunto de instrumentos y libros procedentes de la extinguida Escuela Militar del Puerto de Santa María, entre los que se encontraban planchetas, un grafómetro, niveles de declivio y de aire, una toesa de bronce, un cuadrante y sextante astronómicos, globos terráqueos, esferas armilares y estuches de instrumentos para los alumnos, destacando la preferencia por el material inglés, que era de mejor calidad. Las obras de Benito Bails y Odoardo Guerli fueron los textos más utilizados por profesores y alumnos de la Escuela, si bien contaron además con un nutrido grupo de obras de autores españoles, franceses, ingleses e italianos.

Años más tarde, y tras varios intentos fallidos por falta de dinero, en 1797 se crearon en Zaragoza dos nuevas cátedras destinadas a complementar estudios universitarios: la de Botánica, que fue ocupada por Pedro Gregorio de Echeandía, y la de Química, regentada hasta 1807 por Francisco Otano y después por Esteban Demetrio Brunete, discípulo de Louis Proust. En ambas sus responsables mantenían correspondencia con profesores nacionales y extranjeros, decantándose por utilizar los métodos de Linneo en la primera, en cuyos exámenes anuales los alumnos defendían la utilidad de la historia natural, hacían demostraciones con plantas vivas de las distintas partes que las componían, las clasificaban en sus distintos géneros, órdenes, especies y variedades, y argumentaban sobre las propiedades generales y particulares de ellas.

En la de Química los temas objeto de disertación pertenecían también a la Física, pues se referían al calórico, a la electricidad y a la luz, en tanto que los gases, el hidrógeno en particular, los seres simples, los metales, los ácidos, el agua y las sales entraban en la temática propiamente química, y consta que el manual utilizado era el titulado *Elementos de química teórica y práctica puestos en un nuevo orden por [...] Morveau, Maret y Durande,* traducido por Melchor de Guardia y Ardebol, y que a los

alumnos premiados se les entregaba, entre otras obras, el tratado de Lavoisier traducido por Juan Manuel Munárriz. El laboratorio químico contó con una balanza hidrostática, un hidrómetro, un microscopio, un soplete de plata para ensayar metales, una máquina eléctrica, además de tubos, alambiques, cubetas, etc. Los alumnos de las dos cátedras estuvieron en torno a los 400 entre 1797 y 1808, predominando los boticarios y los médicos, así como los practicantes y estudiantes de ambas disciplinas[24].

La Sociedad de Sevilla, tras un primer intento fracasado en marzo de 1778 de abrir una Escuela de Hilar –impulsada por G. M. de Jovellanos, quien le pidió al arzobispo una fuerte aportación de dinero, y el concurso de alguna comunidad religiosa femenina, recibiendo de aquél una contestación negativa–, paulatinamente fue dotando trece escuelas con objetivos variados. En el sector de la enseñanza primaria la Sociedad ejerció una función tutelar para conseguir que los docentes tuvieran un nivel de conocimientos adecuado, y redactó unas ordenanzas estrictas para que el Colegio Académico de los maestros estuviese obligado a cumplir aquellos objetivos, tareas que llevó a cabo entre 1788 y 1795. Creó escuelas patrióticas de hilar al torno en Triana y San Lorenzo, que estaban en funcionamiento a finales de 1778, donde recibían enseñanza, hasta dominar la técnica, 24 alumnas que eran ayudadas después a hacerse con un torno para trabajar en sus casas; en materia de estudios medios y superiores, fundaron en 1780 una Escuela de Matemáticas que regentó el ingeniero francés Pierre Henrry, donde todos los años los alumnos aventajados hacían una sesión pública de examen sobre temas de matemáticas y mecánica principalmente[25]. En cuanto a la química, a pesar de los intentos infructuosos de crear una cátedra, se tuvieron que conformar con encargar estudios sobre el tintado de tejidos, destinados a mejorar el nivel de preparación de los artesanos[26].

En otros puntos de la geografía andaluza, que llegó a contar con una treintena de sociedades, se fundaron también centros de difusión técnica madura, como fueron la

---

[24] La fundación y la evolución en detalle de las escuelas de hilar al torno, matemáticas y dibujo, y de las cátedras de botánica y química de la Aragonesa se pueden consultar en J. F. FORNIÉS CASALS: *La Real Sociedad Económica Aragonesa de Amigos del País en el período de la Ilustración (1776-1808): Sus relaciones con el artesanado y la industria*, Zaragoza, Confederación Española de Cajas de Ahorros, 1978. En cuanto a los mismos aspectos de las escuelas de La Junta de Caridad, véase del mismo autor *La política social y la Ilustración aragonesa (1773-1812): La acción social de la Real Sociedad Económica Aragonesa de Amigos del País*, Zaragoza, R. y Excma. SEA de Amigos del País, 1997, pp. 93 y ss.

[25] F. AGUILAR PIÑAL: «La Sociedad Económica de Sevilla en el siglo XVIII ante el problema docente», en *Las Reales Sociedades...*, *op. cit.,* pp. 323 y ss.

[26] Sobre el impulso docente de esta sociedad véase M. C. CALDERÓN ESPAÑA: *La Real Sociedad Económica Sevillana de Amigos del País: Una institución clave para la educación en Sevilla (1775-1900)*, Sevilla, Universidad de Sevilla, 1992 (tesis doctoral en microfichas), y J. RUIZ CARNAL: *Algunas raíces de la escuela pública primaria en Sevilla: Escuela de San Luis, Escuela gratuita de Triana, Real Sociedad Económica Sevillana de Amigos del País*, Sevilla, Ayuntamiento, 2002.

Escuela de Hilados de Sanlúcar o las de Dibujo y Pasamanería de Jerez, por cuenta de sus respectivos Amigos del País[27], en tanto que los de Osuna optaron por crear una Tertulia Matemática que tenía dos finalidades, actuaciones realmente tertulianas para mayores de 20 años, y de Escuela para menores de esa edad, pues se harían exámenes y serían preguntados por el denominado «aficionado a la Matemática». El tal "aficionado" no era otro que Ventura de Ávila, que se citaba como geómetra de S. M. y que en 1780, ejerciendo de oficial de la Real Audiencia de Zaragoza, había sido el primer profesor de la Escuela de Matemáticas de la Aragonesa, cargo que hubo de abandonar, tras ocuparlo de enero a octubre del año citado, por desavenencias constantes con los curadores de aquélla, al publicar un pequeño manual que fue desechado por insuficiente[28].

En el área mediterránea la Sociedad de Valencia, además de escuelas de primeras letras, instaló una Escuela Náutica en El Grao, siguiendo la pauta de la que funcionaba en Barcelona, al objeto de mejorar los conocimientos de quienes se fueran a embarcar con rumbo a las rutas atlánticas, y creó otras escuelas patrióticas como las de hilar al torno, cuya proyección se estaba estudiando en 1779, iniciativa que a comienzos de la década de los 90 había cuajado en la ciudad y en las localidades de San Felipe y Villarreal[29]. A su vez, la Sociedad de Tarragona fundó en 1787 una Escuela de Primeras Letras a la que asistían casi dos centenares de alumnos, en tanto que la de Mallorca también estableció tres escuelas de primeras letras, una Escuela de Matemáticas, una Academia de Nobles Artes y otra de Náutica, buscando equipararse a su homóloga de Valencia, e intervino en el funcionamiento de la Escuela de Física y Química y de la Academia Médico-Práctica[30].

En Castilla la misma situación encontramos en la Sociedad de Valladolid, que, siguiendo la estela de una academia previa, creó la Escuela de Matemáticas y Dibujo de la Purísima Concepción, que ya recibía alumnos en 1787, extendiendo sus actividades de escuelas patrióticas a la costura con dos centros, donde además se enseñaba a las niñas primeras letras y doctrina cristiana, y a la hilatura al torno en otra para muchachas, con asistencias de un promedio de 40 alumnas por centro. Completaban su oferta docente con dos escuelas de primeras letras para niños, quedando evidenciada una vez más la separación de sexos en la educación, y una tendencia muy acu-

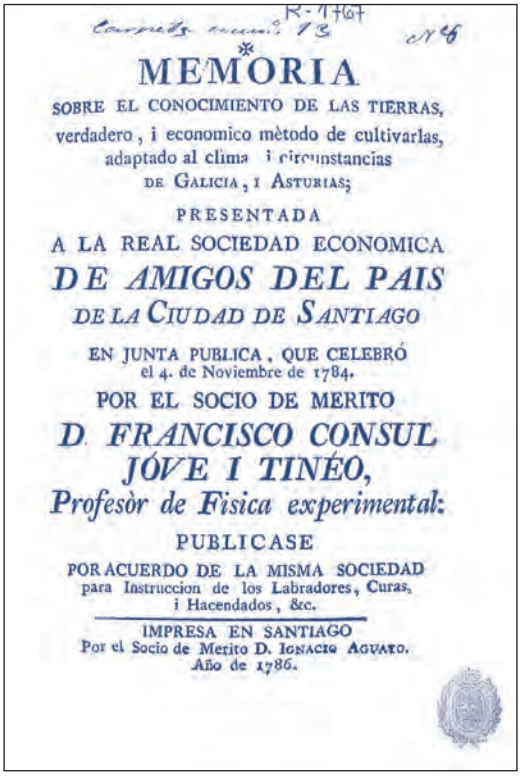
---

27 Un recorrido geográfico descriptivo sobre este tipo de fundaciones a nivel nacional puede consultarse en el capítulo 5.º redactado por C. MARTÍNEZ SHAW de la *Historia de España,* Barcelona, Planeta, 1989, vol. 7, pp. 435 y ss.

28 E. SORIA MEDINA: *La Sociedad Económica de Amigos del País de Osuna,* Sevilla, Diputación Provincial, 1975, pp. 115 y ss. Sobre Ventura de Ávila, véase J. F. FORNIÉS: *La Real Sociedad...*, *op. cit.,* pp. 364, 369, 374, 375, 381 y 384.

29 Véase F. ALEIXANDRE, *op. cit.*

30 E. LLUCH, *op. cit.,* p. 292, y C. MARTÍNEZ SHAW, *op. cit.,* p. 458.



MEMORIA
SOBRE EL CONOCIMIENTO DE LAS TIERRAS,
verdadero, i economico mètodo de cultivarlas,
adaptado al clima i circunstancias
DE GALICIA, I ASTURIAS;
PRESENTADA
A LA REAL SOCIEDAD ECONOMICA
DE AMIGOS DEL PAIS
DE LA CIUDAD DE SANTIAGO
EN JUNTA PUBLICA, QUE CELEBRÓ
el 4. de Noviembre de 1784.
POR EL SOCIO DE MERITO
D. FRANCISCO CONSUL
JÓVE I TINÉO,
Profesòr de Fisica experimental:
PUBLICASE
POR ACUERDO DE LA MISMA SOCIEDAD
para Instruccion de los Labradores, Curas,
i Hacendados, &c.
IMPRESA EN SANTIAGO
Por el Socio de Merito D. IGNACIO AGUATO.
Año de 1786.

7.14. La agronomía fue una preocupación fundamental en las sociedades económicas *(véanse los capítulos relativos a* Literatura Técnica *y* Agronomía*):* Memoria sobre el conocimiento de las tierras*, por F. Consul Jové i Tineo (RSEAP de Santiago de Compostela, 1786), donde adapta el sistema de cultivo propuesto por Tull al «clima, i circunstancias» de Galicia y Asturias. Fondos RSE Aragonesa, Zaragoza.*

sada hacia la formación profesional, siguiendo las pautas de Campomanes[31]. Las sociedades Numantina y de Segovia tuvieron escuelas de hilar, creando la primera una Casa de Corrección y Enseñanza en 1785, y otras de Niños Expósitos, donde se les enseñaba la hilatura y otros oficios simples, obligando a la población mendiga a aprenderlos para que pudiesen ganarse la vida fuera[32].

Por último, en la cornisa cantábrica los Amigos del País de Santiago y Lugo se decantaron por la creación de escuelas de primeras letras y de escuelas patrióticas de hilar al torno, trenzado, pasamanería, pañuelos y cintas, con objetivos similares a las de las restantes Sociedades. En Asturias, con el impulso de G. M. de Jovellanos y las reticencias de sus paisanos ilustrados y de la Universidad de Oviedo, en 1794 abrió sus puertas en Gijón el Real Instituto Asturiano de Náutica y Mineralogía, donde se

31 Además del texto citado de J. Demerson, véase el trabajo de L. M. ENCISO RECIO: «La Real Sociedad Económica de Valladolid a finales del siglo XVIII», en *Homenaje al Dr. D. Juan Reglá Campistol*, Valencia, Universidad de Valencia, 1975, pp. 155-178.

32 J. A. PÉREZ-RIOJA: *op. cit.,* p. 344.

impartía docencia media en Matemáticas, Dibujo, Náutica, Mineralogía, Física, Geografía, Historia e Idiomas, destinada a los miembros de la burguesía local y a la población sin recursos, una vez abierta su Escuela de Primeras Letras gratuita en 1796. Se cerraba así un largo período de preparación del centro iniciado en 1782, cuando ante la Sociedad de Amigos del País de Asturias propuso aquel político asturiano el envío de dos becarios al Seminario de Vergara, para que después, tras visitar instalaciones mineras en otros países, regresaran para enseñar en sendas cátedras creadas al efecto. La idea fue madurando y terminó por consolidarse en el Instituto, que contó desde su apertura con una importante asistencia de alumnos, pues el primer año se matricularon sesenta. La vida del centro no evolucionó como hubiera deseado su creador, que, tras ser desterrado, a partir de 1803 vio cómo se reducían sus enseñanzas a las de náutica[33], lo que puso de manifiesto una vez más lo mucho que el movimiento de los amigos del país debía a las voluntades concretas de un número siempre reducido de hombres.

V

Consideraciones finales

Analizando en función de los conocimientos actuales la utilización de la tecnología en las sociedades económicas, la realidad es que la mayor parte de las iniciativas tomadas obedeció al deseo de divulgar a partir de las escuelas patrióticas tecnología madura, para mejorar la formación profesional, y aquello de forma un tanto irregular, si tenemos en cuenta la distribución de aquéllas, y que en muchos casos el argumento iniciador era la recuperación de industrias y manufacturas que se habían perdido o que estaban en vías de hacerlo, todas las cuales en pasadas épocas habían sido competitivas y rentables. La concienciación de la postración y atraso agropecuario, artesanal e industrial que padecían afloró gracias a la acción de los amigos del país, quienes de forma sincera pretendieron mejorar la situación material de la población, mayoritariamente sumida en la pobreza, mediante la aplicación de las enseñanzas de nuevas técnicas para incrementar la productividad. En menor medida fomentaron la educación básica en sus escuelas de primeras letras, y también pretendieron mediante las cátedras, escuelas o seminarios de nivel universitario trasmitir tecnología media y alta entre la nobleza y la burguesía para involucrarlas en la mejora generalizada de sus explotaciones agropecuarias y fabriles, dando lugar a avances puntuales en investigación; pero la realidad vino a demostrar que una mejor preparación no conseguía por sí sola ampliaciones sustanciales de la oferta de trabajo ni del mercado, ya que la

[33] Sobre la gestación del Instituto y su posterior evolución véase el trabajo de A. RUIZ DE LA PEÑA SOLAR: «El Instituto de Gijón: un paraíso perdido», en *Jovellanos, Ministro de Gracia y Justicia*, Barcelona, Fundación La Caixa, 1998, pp. 80-89.

estructura económica fraccionada de los reinos y demás territorios que formaban la nación requería de unos planteamientos políticos y macroeconómicos que tardaron muchos años en llegar.

En realidad, las sociedades económicas cosecharon el éxito de despertar conciencias, mejoraron determinados procesos productivos y la situación personal de numerosas personas formadas en sus centros, pero no vieron cumplidas muchas de sus aspiraciones globalizadoras por la desproporción apuntada entre recursos y objetivos, y porque se adelantaron a su tiempo, dentro de una coyuntura histórica que no les fue favorable a medio plazo, pues a partir de 1789 la Revolución francesa incidió en su evolución natural, y a largo plazo tampoco se pudieron ver sus resultados por nuevos acontecimientos históricos imprevisibles. Nos referimos a la entrada de las tropas francesas en España en la primavera de 1808, con la consiguiente sustitución de la Casa Real de los Borbones por la de la familia de Napoleón Bonaparte, que desencadenó una guerra abierta y luego de guerrillas, ambas devastadoras, que no cesó hasta 1814.

Para entonces una parte importantísima de cuanto había significado la labor de los amigos del país se había venido abajo, por un lado por la interrupción de la mayoría de las subvenciones que recibían, lo que obligó a malvivir o cerrar numerosos centros, y, por otro, por el desprestigio y el consiguiente ambiente de interinidad que la mayor parte de la población española otorgó a José I, y con él a todo lo francés; y por último, porque hubo un amplio grupo de ilustrados que se exiliaron, por su aceptación de la dominación francesa, conjunto de circunstancias que junto a la gran crisis económica que se mantuvo hasta finales de la década de 1820 a 1830, incrementada por la pérdida de los territorios americanos, hizo que se eclipsaran muchos de nuestros avances tecnológicos, y que aumentara en términos generales la distancia con respecto a otras naciones europeas.

La Ilustración nos había aproximado a las naciones tecnológicamente más avanzadas de Europa, la invasión napoleónica nos distanció y aumentó la desconfianza hacia aquéllas, lo que repercutió en el atraso tecnológico patrio, en el lento desarrollo del sector industrial hispano en las décadas siguientes, y en la práctica reducción a la nada de los centros de formación profesional, realidad que ha sido durante los dos últimos siglos una de las deficiencias más notables de nuestro sistema educativo. Finalmente, las sociedades económicas, además de sufrir las penurias económicas de la posguerra, que limitaron la reposición de bastantes de sus actividades, vieron cómo a partir de 1828 muchas de sus funciones básicas empezaron a ser asumidas por instituciones especializadas en economía, educación, etc., surgidas del nuevo concepto de Administración estatal venido del otro lado de los Pirineos, lo que las hizo desaparecer o bien transformarse en entidades elitistas, cuyas actuaciones fueron esporádicas, aunque no exentas de importancia.

BIBLIOGRAFÍA

Existen amplias lagunas bibliográficas acerca de las sociedades económicas de amigos del país; las obras de mayor interés de carácter general son las que siguen, citadas varias previamente en las notas al texto.

AGUILAR PIÑAL, F.: «Sociedades Económicas», en *Bibliografía sobre Carlos III y su época*, Madrid, CSIC, 1988, pp. 119-132.

ANES ÁLVAREZ, Gonzalo: «Coyuntura económica e "Ilustración": Las Sociedades de Amigos del País», en *Economía e Ilustración,* Barcelona, Ariel, 1969, pp. 11-41.

DEMERSON, Paula; DEMERSON, Jorge; AGUILAR PIÑAL, Francisco: *Las Sociedades Económicas de Amigos del País en el siglo XVIII. Guía del investigador*, San Sebastián, Patronato José María Quadrado, 1974.

ENCISO RECIO, L. M.: «Las Reales Sociedades Económicas de Amigos del País», en *La época de la Ilustración. El Estado y la cultura (1759-1808)*, Madrid, Espasa Calpe, 1987, pp. 13-56, vol. XXXI de la *Historia de España* fundada por Ramón Menéndez Pidal.

LABRA, Rafael María: *Las Sociedades Económicas de Amigos del País. Su historia y su porvenir,* Madrid, Tipografía Alfredo Alonso, 1904.

SARRAILH, Jean: *Las Sociedades Económicas de Amigos del País en la España ilustrada de la segunda mitad del siglo XVIII*, México, Fondo de Cultura Económica, 1957, pp. 230-290.

SHAFER, Robert Jones: *The Economic Societies in the Spanish World*, Nueva York, Syracuse University Press, 1958.

VV. AA.: *Las Reales Sociedades de Amigos del País y su obra*, San Sebastián, Patronato José María Quadrado, 1972.

8

Publicaciones técnicas destinadas a colectivos profesionales

Julio Sánchez Gómez
Universidad de Salamanca

La edición de obras destinadas a colectivos profesionales que recurrían en su actividad al uso de técnicas siguió pautas muy semejantes a las de otras publicaciones de carácter científico y técnico[1]: escasa producción en la primera mitad del siglo, aumento a partir de 1750 y aceleración notable en el último cuarto de la centuria[2], con un máximo en la década de los 80, momento álgido de la política reformista ilustrada. Tal incremento se relaciona con el interés de la Corona en fomentar la actividad económica; el impulso del Estado encuentra eco inmediato en una minoría de ilustrados que se organizan en torno a las sociedades económicas de amigos del país, las grandes animadoras de la innovación y de la difusión aquí de nuevas técnicas surgidas más allá de las fronteras del reino. Surgen todas a imitación de la Sociedad Bascongada de Amigos del País, fundada en 1764 con la pretensión de ser una academia de agricultura, ciencias, artes útiles y comercio, nacida con la bendición de Carlos III[3]. Desde su inicio la Sociedad Bascongada pone el acento en las ciencias útiles; sus objetivos se centraron en la agricultura y la industria, y, así, en sus publicaciones, fundamentalmente en los *Extractos de las Juntas Generales*[4], aparecen variadísimos ensayos sobre temas de interés agrario, como utilización de nuevos instrumentos agrícolas, fertilizantes y cultivos hasta entonces desconocidos o relacionados con la industria, entre los que destaca el interés por la recuperación, desarrollo y modernización de la más importante riqueza del País Vasco: la minería del hierro y la siderurgia. A través de su

---

[1] Este trabajo es resultado parcial de una investigación realizada con ayuda de un proyecto de investigación financiado por la DGICYT. Con carácter general, los repertorios bibliográficos más significativos en relación con la literatura técnica son los recogidos por F. AGUILAR PIÑAL, 1983; J. M. LÓPEZ PIÑERO *et alii,* 1983; y LÓPEZ DE AZCONA *et alii,* 1992. Dada la frecuencia con que han sido utilizados, no serán en adelante citados en notas a pie de página.

[2] Vid. el cuadro número 1 en conclusiones.

[3] J. SARRAILH, 1957.

[4] *Extractos de las Juntas Generales.*

activa biblioteca, la Sociedad recibe gran número de obras extranjeras, muchas de ellas de literatura técnica, cuyo contenido difunde a través de los *Extractos*, e inicia una práctica de aprendizaje que luego será retomada con entusiasmo por el Estado: el envío de pensionados al extranjero y la invitación a sabios foráneos para impartir aquí sus saberes.

A partir de 1775, el ejemplo de la Bascongada hace surgir sociedades económicas por todo el reino, en este caso por directo impulso de la Corona y en pleno clímax del poder de los reformistas. Aun cuando muchas existirán únicamente sobre el papel, otras se convertirán en el vehículo más importante de penetración y propagación de nuevas técnicas, fieles al carácter "útil" que desde el comienzo quiere imprimirse a los saberes que en ellas se discuten y esparcen.

Acción positiva del Estado, actividad de las sociedades económicas y permeabilidad creciente respecto al extranjero, adonde se vuelve la mirada para buscar la solución a los problemas técnicos que se detectan en las actividades económicas, una actitud que supone un violento contraste con el cierre y el recelo de las dos centurias anteriores, unidos a una forma nueva de contemplar el trabajo[5] que lleva a muchos escritores a ocuparse de temas que antes hubieran resultado impensables, conducen a partir de 1770 a una eclosión de literatura interesada en las más variadas formas de la actividad productiva.

Como puede deducirse, aparece una relación directa entre el número de publicaciones y el peso del sector al que hacen referencia en el conjunto de la economía[6]. De esta forma, destacan las publicaciones relacionadas con la agricultura y la ganadería, sector abrumadoramente mayoritario y del que vive casi toda la población, ayudadas por la creciente presencia de las ideas fisiocráticas, que centran la riqueza de un país en la posesión de una agricultura productiva. La industria textil y la siderurgia ocuparían el segundo y tercer lugar en importancia, mientras que la minería, cuya relevancia en el conjunto de la economía es escaso, da lugar a un apreciable número de publicaciones, en consonancia con el papel decisivo que desempeñaba en la economía colonial americana –con la que estaba íntimamente conectada la explotación de Almadén– y la necesidad de reactivar un patrimonio del subsuelo peninsular que históricamente se sabía rico. España fue más receptiva que activa en la edición de obras destinadas a la difusión de técnicas; abundaron las traducciones de tratados extranjeros, sobre todo franceses, mientras que en muchos otros casos la monografía española era una adaptación no original de otra foránea.

La variada gama de escritos que pueden considerarse "literatura profesional" se propaga a través de publicaciones monográficas, pero también de un instrumento

---

5 Vid. como ejemplo de esta nueva actitud el artículo de A. OLIVARES DE LA CUEVA, 1789, y la monografía de A. de CAPMANY, 1778. También se intentaba dignificar la práctica del comercio: J. A. de los HEROS FERNÁNDEZ, 1775.

6 Vid. el cuadro número 2 en conclusiones.

nuevo, la prensa periódica, de la que se espera una mayor y más permanente difusión, sobre todo a través de las suscripciones. Fueron muchos los periódicos que se ocuparon de esparcir técnicas para mejorar la producción agraria, la artesanal e industrial o el comercio; algunos se especializaron en dar a conocer las novedades extranjeras, como el *Semanario Económico...*, el *Espíritu de los mejores diarios*, el *Correo literario de la Europa...* o la *Miscelánea instructiva...*[7] De entre las numerosas empresas periodísticas debidas a la iniciativa del conocido pionero de la prensa periódica hispana Nipho, varias se ocuparon de la divulgación de innovaciones desarrolladas en otros países en técnicas aplicadas a producción o comercialización[8], mientras que algunas se centraron más en la realidad española[9]; en general, todas tuvieron una vida efímera. Otros periódicos se especializaron en algún sector concreto de la economía, como el *Almanaque mercantil y guía de comerciantes* o el *Correo Mercantil de España y de sus Indias*[10]; de gran interés por su concepción fue el *Semanario de Agricultura y Artes dirigido a los párrocos* –como personas influyentes en sus comunidades, para que fueran ellos los que difundieran las novedades–[11]. No sólo en Madrid aparecieron publicaciones periódicas dedicadas a las artes "útiles". En Cartagena surgió un *Semanario literario y curioso* y en Barcelona un *Diario curioso, histórico-erudito, comercial, civil y económico*, en 1772, que se proponía publicar noticias sobre «los progresos de las artes y de las ciencias y los secretos útiles e importantes de éstas en cada uno de los países»; igualmente, Sevilla y Valencia ven aparecer en la última década del siglo periódicos dedicados a la divulgación científica y técnica[12].

Explotar más racionalmente los recursos supone un previo conocimiento de éstos mediante la investigación y publicación de sus potencialidades. Se multiplican las obras destinadas a dar a conocer las posibilidades de desarrollo regional o sectorial y a proponer formas de ponerlo en práctica. El *Proyecto económico...* de Bernardo Ward reunía ambas características: descripción de potencialidades para la extracción de riqueza en agricultura, industria y comercio y elaboración de propuestas a la luz de su experiencia como pensionado por el extranjero[13]. De carácter más sectorial es la obra de W. Bowles, un naturalista invitado por la Corona, que en su *Introducción a la histo-*

---

[7] *Semanario económico compuesto de noticias prácticas; Espíritu de los mejores diarios; Correo literario de la Europa; Miscelánea instructiva, curiosa.* Las informaciones sobre prensa periódica recogidas aquí proceden de la *Bibliografía de autores españoles del siglo XVIII,* de F. Aguilar Piñal.

[8] Así, la *Estafeta de Londres*, el *Correo General, histórico, literario y económico* o el *Diario estrangero. Noticias importantes...*

[9] *Correo General de España.*

[10] *Almanaque mercantil y guía de comerciantes; Correo Mercantil de España y de sus Indias,.*

[11] *Semanario de Agricultura y Artes dirigido a los párrocos.*

[12] J. SARRAILH, *op. cit.*

[13] B. WARD, 1779.

ria natural y a la geografía física de España se preocupaba sobre todo por divulgar las riquezas del subsuelo, prácticamente olvidadas a mediados de la centuria; abordaba también las posibilidades de desarrollar y conservar las riquezas forestales y criticaba las tradicionales prácticas arboricidas[14]. Función semejante cumplieron los diccionarios geográficos[15] y memorias económicas que surgieron sobre todo en el último tercio del siglo, de los que las monumentales *Memorias políticas y económicas* de Larruga constituyen un hito[16]. Las monografías de carácter regional fueron numerosas; muy conocidas fueron las de Labrada sobre Galicia, o las de Asso sobre Aragón[17].

I

Agricultura

En el siglo XVIII se observan dos fases, divididas aproximadamente por la mitad de la centuria. La recuperación demográfica que caracterizó a este siglo se vio favorecida hasta mediados de éste por los bajos precios de los granos y de las rentas de la tierra[18]. A partir de los años 60 los problemas larvados comienzan a manifestarse; la continuación del incremento poblacional conlleva la subida de los precios y la demanda interior se frena ante la falta de respuesta de la oferta.

En Europa aparecen también problemas de desajuste entre la producción agraria y el crecimiento demográfico. La agricultura europea reaccionó aumentando sus rendimientos a través de la introducción de nuevos cultivos forrajeros, rotaciones más frecuentes y aplicación de nuevas máquinas, como arados más eficientes, escarificadoras, sembradoras, etc. En el caso español, la respuesta se limitó en general a la ampliación de tierras de cultivo y a la profundización en líneas abiertas en la centuria anterior, como la expansión del viñedo, la difusión del maíz y, de forma más lenta, el anuncio de un cultivo de futuro: la patata. El cambio más significativo fue la roturación de pastos, mientras que la ganadería, cuyo crecimiento en parte se debía a la demanda exterior, choca frontalmente con la necesidad de tierras agrícolas, y la oposición tradicional agricultura/ganadería sufre una creciente agresividad. En realidad, no aparecen transformaciones revolucionarias que abran la puerta a la ampliación de rendimientos por unidad de superficie y de simiente.

Dos eran los más graves condicionamientos que aquejaban a la agricultura en la gran mayoría del territorio peninsular: la escasez de abonos y el uso de un arado muy superficial, adaptado a suelos poco profundos y con un número escaso de rejas.

---

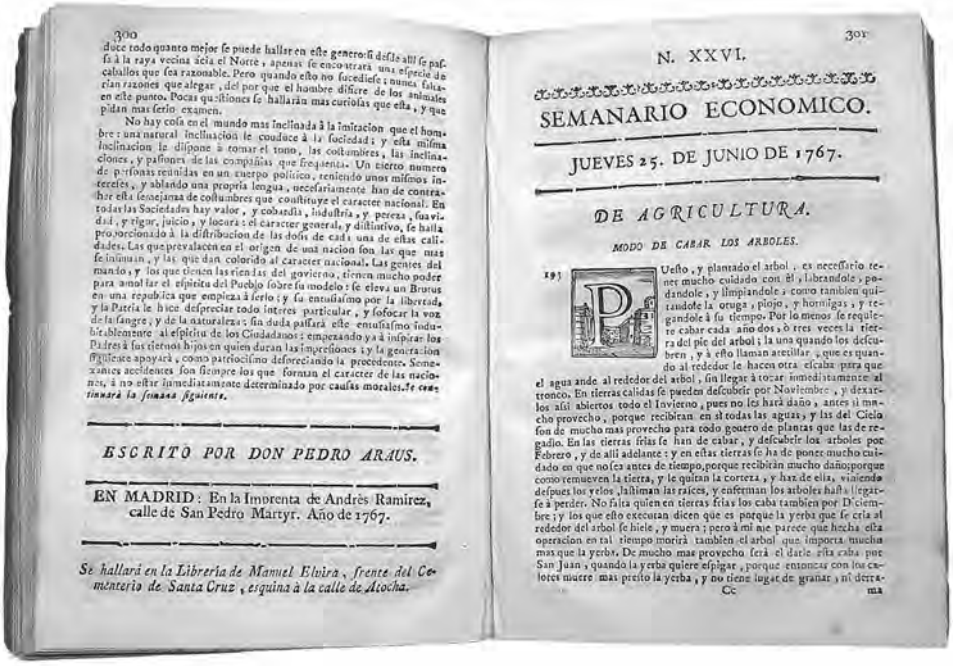
14 W. BOWLES, 1775.

15 Véase, por ejemplo: H. CAPEL, 1981.

16 E. LARRUGA, 1787-1800.

17 L. LABRADA, 1804; I. J. de ASSO, 1798.

18 E. FERNÁNDEZ DE PINEDO, 1980.



300

duce todo quanto mejor se puede hallar en este genero: si desde allí se pasa à la raya vecina acia el Norte, apenas se encontrará una especie de caballos que sea razonable. Pero quando esto no sucediese: quantas falsedades razones que alegar, del por que el hombre difiere de los animales en este punto. Pocas questiones se hallarán mas curiosas que esta, y que pidan mas serio examen.

No hay cosa en el mundo mas inclinada à la imitacion que el hombre: una natural inclinacion le conduce à la sociedad: y esta misma inclinacion le dispone à tomar el tono, las costumbres, las inclinaciones, y pasiones de las compañias que frequenta. Un cierto numero de personas reunidas en un cuerpo politico, teniendo unos mismos intereses, y hablando una propria lengua, necesariamente han de contraher esta semejanza de costumbres que constituye el caracter nacional. En todas las Sociedades hay valor, y cobardia, industria, y pereza, suavidad, y rigor, juicio, y locura: el caracter general, y distintivo, se halla proporcionado à la distribucion de las dosis de cada una de estas calidades. Las que prevalecen en el origen de una nacion son las que mas se insinuan, y las que dan colorido al caracter nacional. Las gentes del mando, y los que tienen las riendas del govierno, tienen mucho poder para amoldar el espiritu del Pueblo sobre su modelo: se eleva un Brutus en una republica que empieza à serlo; y su entusiasmo por la libertad, y la Patria le hace despreciar todo interes particular, y sofocar la voz de la sangre; y de la naturaleza: sin duda passará este entusiasmo indubitablemente al espiritu de los Ciudadanos: empezando ya à inspirar los Padres à sus tiernos hijos en quien duran las impresiones: y la generacion siguiente apoyará, como patrocinio depreciando la precedente. Semejantes accidentes son siempre los que forman el caracter de las naciones, à no estar inmediatamente determinado por causas morales. *Se continuará la semana siguiente.*

ESCRITO POR DON PEDRO ARAUS.

EN MADRID: En la Imprenta de Andrès Ramirez, calle de San Pedro Martyr. Año de 1767.

Se hallará en la Libreria de Manuel Elvira, frente del Cementerio de Santa Cruz, esquina à la calle de Atocha.

301

N. XXVI.

SEMANARIO ECONOMICO.

JUEVES 25. DE JUNIO DE 1767.

DE AGRICULTURA.

MODO DE CABAR LOS ARBOLES.

19) Puesto, y plantado el arbol, es necessario tener mucho cuidado con él, labrandole, podandole, y limpiandole, como tambien quitandole la oruga, piojo, y hormigas; y regandole à su tiempo. Por lo menos se requiere cabar cada año dos, ò tres veces la tierra del pie del arbol; la una quando los descubren, y à esto llaman arcillar, que es quando al rededor le hacen otra elcalva para que el agua ande al rededor del arbol, sin llegar à tocar inmediatamente al tronco. En tierras calidas se pueden descubrir por Noviembre, y dexarlos asi abiertos todo el Invierno, pues no les hará daño, antes si mucho provecho, porque recibiran en si todas las aguas, y las del Cielo son de mucho mas provecho para todo genero de plantas que las de regadio. En las tierras frias se han de cabar, y descubrir los arboles por Febrero, y de alli adelante: y en estas tierras se ha de poner mucho cuidado en que no sea antes de tiempo, porque recibirán mucho daño, porque como remueven la tierra, y le quitan la corteza, y haz de ella, viniendo despues los yelos, lastiman las raices, y enferman los arboles hasta llegarse à perder. No falta quien en tierras frias los caba tambien por Diciembre: y los que esto executan dicen que es porque la yerba que se cria al rededor del arbol se hiele, y muera; pero à mi me parece que hecha esta operacion en tal tiempo morirà tambien el arbol que importa mucha mas que la yerba. De mucho mas provecho será el darle esta caba por San Juan, quando la yerba quiere espigar, porque entonces con los calores muere mas presto la yerba, y no tiene lugar de granar, ni derra-

Cc ma

8.1. El* Semanario de Agricultura, *escrito por Pedro Araus, es una de las numerosas publicaciones periódicas surgidas con la intención de ilustrar a los agricultores sobre las novedades en el sector *(Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza).*

En un panorama generalizado de inmovilismo agrario, grupos ilustrados minoritarios buscan vías para incrementar los rendimientos y aprovechar el alza de precios de la segunda mitad de la centuria. Abogaban por «medios científicos de promover la agricultura», como titula **Ignacio Jordán de Asso** un capítulo de su conocida obra *Historia de la Economía Política de Aragón*[19], en el que instaba a mejorar las faenas y a instruir a los labradores, faltos de conocimientos prácticos en cuestiones como el estiércol o la poda, temas recurrentes en todos los tratadistas. Las sociedades económicas, con el apoyo del Estado, asumen la tarea de estimular por medio de la letra impresa el adelantamiento del cultivo de la tierra. Las publicaciones son muy numerosas y surgen prácticamente de todos los rincones del reino. Podemos destacar la obra del jardinero mayor del Jardín Botánico madrileño y antiguo pensionado en Inglaterra y Francia, **Claudio Boutelou**, quien en sus *Elementos de Agricultura*, obra proyectada en dos tomos de los que sólo apareció el primero, propugnaba la práctica científica, mediante el conocimiento de ciencias auxiliares, como la zoología, la quí-

[19] I. J. de ASSO, *op. cit.*

R-1404

AGRICULTURA
GENERAL,
Y
GOBIERNO DE LA CASA DE CAMPO:
EN QUE
POR ESTENSO SE TRATA DE TODOS los Bienes del Campo, con los nuevos descubrimientos, y metodos de cultivo para la multiplicacion de los Granos; y del aumento de la cria de Ganados, y en lo demás dependiente de una Casa de Campo: todo con especiales avisos, è instrucciones.

COMPUESTA DEL *NOBLE AGRICULTOR* DE *M. DUPUY*, de los Autores, que mejor han tratado de esta Arte, y de otras varias observaciones particulares.

CON DIVERSAS ESTAMPAS.

POR DON JOSEPH ANTONIO VALCARCEL.

TOMO IV.

CON LAS LICENCIAS NECESARIAS.

En Valencia: Por Francisco Burguete, Impresor del Santo Oficio, plaza de las Comedias. Año 1770.

Se hallará en la Libreria de Manuel Cabero, calle de Campaneros: Y en Madrid en la de D. Angel Corrado, calle de las Carretas.

R-599

CONVERSACIONES
INSTRUCTIVAS
EN QUE SE TRATA DE FOMENTAR
LA AGRICULTURA
POR MEDIO DEL RIEGO
DE LAS TIERRAS,

Y en quienes igualmente se expresan los medios de hallar, y aprovechar las aguas, de abrir Canales, y construir las mas simples Máquinas Hidráulicas, para el logro de tan importante beneficio, y utilidad pública.

VAN ILUSTRADAS CON PLANOS, y diseños relativos à ciertos principios prácticos, y generales de Agricultura, Hidráulica, Mecánica, y Arquitectura Civil contenidas en la Obra.

COMPUESTAS
POR EL DOCTOR DON FRANCISCO VIDAL y Cabanis, Presbytero, y Beneficiado de la Santa Iglesia Cathedral de la Ciudad de Tortosa, Socio de mérito de la Real Sociedad Matritense.

MADRID

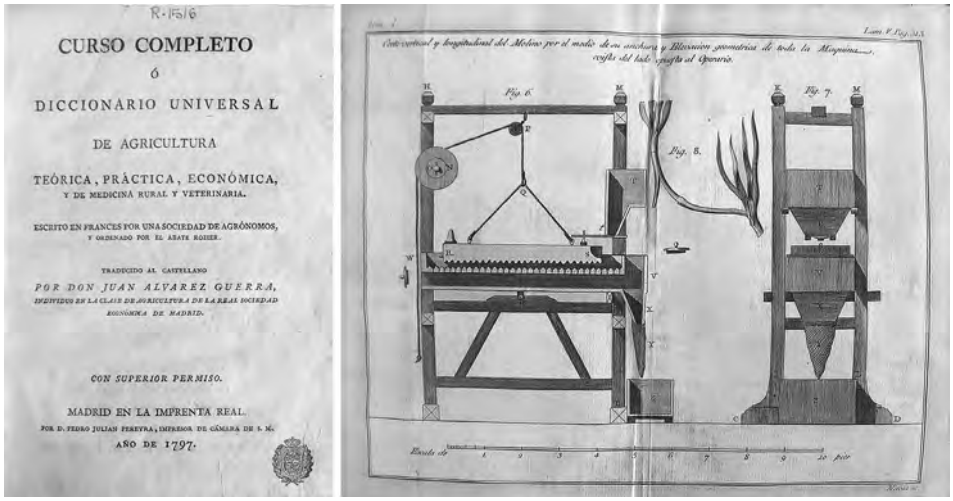
En la Imprenta de D. Antonio de Sancha año de 1
Se hallará en su Librería en la Aduana vie

Inventada y grabada por Fran.co Vidal Presbitero 1774.

8.2. *1) La monumental* **Agricultura General y gobierno de la Casa de Campo, *de José Antonio Valcárcel,*** *impresa en Valencia, en 1770; 2) El interés por la extensión del regadío, tan obsesivo en los regeneracionistas de comienzos del siglo XX tenía ya antecedentes muy claros en el siglo XVIII:* **Conversaciones instructivas en que se trata de fomentar la agricultura, *de Francisco Vidal,*** *Madrid, 1778 (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza).*

mica o la entomología[20]. Por su parte, Jovellanos, en su *Informe de la Sociedad Económica... en el expediente de Ley Agraria*[21] apuntaba al problema que para mejorar la labranza suponía la falta de instrucción de los agricultores y proponía como solución la distribución entre ellos de cartillas o catecismos agrícolas, mientras que desde muchas sociedades económicas se propugnaba la ayuda de los párrocos, como personas instruidas y cercanas a las comunidades de agricultores para difundir sus enseñanzas[22], e incluso se llegó a publicar un semanario específicamente dirigido a ellos[23].

La renovación del arte de cultivar la tierra en Europa buscaba aumentos de producción basados, entre otros factores, en la mejora de la absorción de los elementos nutrientes de la tierra mediante la aplicación de arados más potentes y capaces de



8.3. Elemento muy importante en las publicaciones dieciochescas relacionadas con agricultura eran las ilustraciones, *que servían para una mejor difusión de las nueva técnica. Traducción de la obra coordinada por el abate Rozier (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza).*

---

[20] C. BOUTELOU, 1817 y 1816. Otras obras de interés surgen, por ejemplo, en las Islas Canarias: J. VIERA Y CLAVIJO, 1807; J. B. BANDINI GATTI, 1816. En Madrid se publicaba la *Agricultura metódica,* 1791; J. M. CALDERÓN DE LA BARCA, 1795; en Segovia, GARCÍA DE LA HUERTA daba a la prensa su *Discurso físico-anatómico sobre las plantas, dirigido a los agricultores y presentado a la Real Sociedad Económica de Amigos del País de Segovia*, 1790.

[21] G. M. de JOVELLANOS, 1795.

[22] P. DÍAZ DE VALDÉS, 1793 y 1794; J. M. LARUMBE, 1800. La idea no era original: D.ª Josefa AMAR Y BORBÓN traducía y publicaba en 1789 los *Discursos sobre el problema de si corresponde a los párrocos y curas de las aldeas el instruir a los labradores en los buenos elementos de la economía campestre*, del italiano F. GRISELINI, 1789.

[23] Vid. nota 11.

remover la tierra de forma más profunda y en la mecanización de algunas labores, como la utilización de la máquina sembradora, que economizaba semilla[24]. Ambos fueron popularizados en Europa a través de la obra de Jethro Tull, considerado el padre de la agricultura renovada y que se dio a conocer en parte en España a través de traducciones del francés[25]. Pronto las sociedades económicas toman en su mano la tarea de difundir las nuevas herramientas a través de su experimentación y de la publicación de descripciones y valoraciones de sus resultados[26].

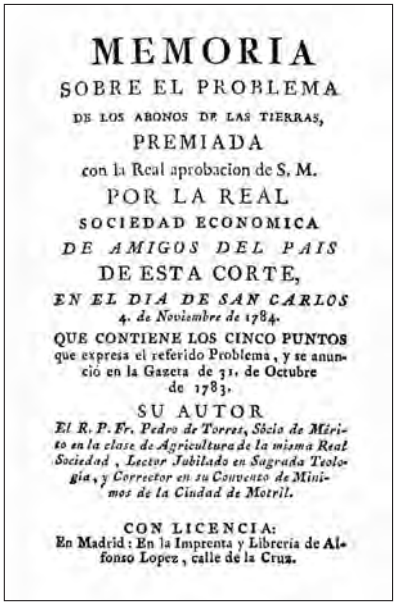
Arado y sembradora de Tull fueron adquiridos y probados aquí, y analizadas sus ventajas e inconvenientes, al tiempo que se proponían adelantos técnicos para adaptarlos a las condiciones específicas de los suelos españoles. Si bien la utilización de nuevas herramientas y máquinas no fue más allá de la curiosidad de algunos miembros de las sociedades económicas o de unos pocos agricultores próximos a ellos –su precio, lo complicado de su manejo y mantenimiento y su poca adaptabilidad a los suelos autóctonos hacían muy difícil su adopción–, dio lugar a una abundante literatura descriptiva, tanto de los originales descritos por Tull como de las innovaciones propuestas aquí[27]. Paralelamente, la inventiva de algunos ilustrados se aplicaba al diseño de máquinas relacionadas con otras actividades, como la trilla, o el tratamiento de plantas industriales. Ejemplo de este último caso fue la invención por el conocido médico catalán **Francisco Salvá y Campillo**, en colaboración con su paisano **Francisco Sanponts y Roca**, de una agramadora y rastrilladora de lino y cáñamo que pretendía introducir la automatización en tales labores. No tuvo

[24] En relación con la renovación de la agricultura en el siglo XVIII, cfr. Ll. ARGEMÍ, 1993; A. GARCÍA SANZ, 1974 y J. FERNÁNDEZ PÉREZ, «Ciencia y Técnica en la Agricultura Ilustrada. Instrumentos y experiencias agronómicas», en J. FERNÁNDEZ PÉREZ e I. GONZÁLEZ TASCÓN, 1990.

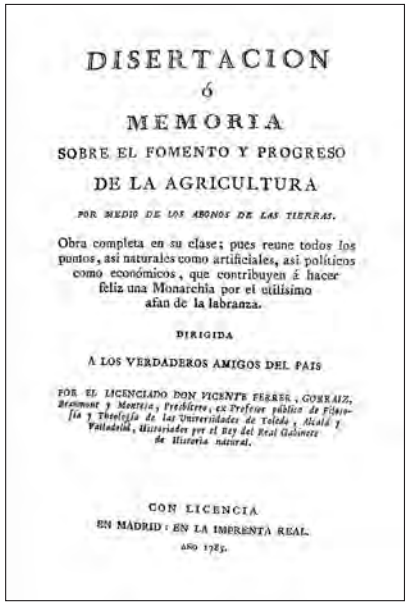
[25] M. J. de AOIZ, 1751.

[26] La Sociedad Económica de Madrid publicó una traducción de la Memoria que las *Philosophical Transactions* dedicaron a la sembradora, debida a J. MARÍN Y MENDOZA, con el título «Nueva sembradera».

[27] J. CORDERO, 1787. Cordero realizó experimentos con el arado y la sembradora de Tull que había adquirido la Sociedad madrileña y concluyó que el primero era de difícil manejo y caro en su construcción y en su mantenimiento, mientras que la sembradora, si bien realizaba la operación con innegable rapidez, desperdiciaba grano. Seguidor directo de los principios agrícolas de Jethro Tull fue el valenciano J. A. VALCÁRCEL, quien plasmó su teoría agronómica en los diez volúmenes de su *Agricultura General*, 1765-95. Los escritos para difundir invenciones y mejoras en los instrumentos agrarios fueron numerosos y generalmente relacionados con la actividad de las sociedades económicas. Por citar algunos: el sacerdote santanderino J. M. FERNÁNDEZ VALLEJO, quien proponía mejoras en el arado habitualmente utilizado para que alcanzara mayores profundidades, dotándolo de mayor fortaleza en sus materiales y haciéndolo inquebrable: *Nuevo uso*, 1806; el sevillano S. de CÁRDENAS, que daba a conocer su *Instrucción y méthodo nuevo*, 1775; el *Semanario de Agricultura y Artes* publicaba por su parte en 1798 un artículo en su volumen III, pp. 369-377, titulado «De los arados».



MEMORIA
SOBRE EL PROBLEMA
DE LOS ABONOS DE LAS TIERRAS,
PREMIADA
con la Real aprobacion de S. M.
POR LA REAL
SOCIEDAD ECONOMICA
DE AMIGOS DEL PAIS
DE ESTA CORTE,
EN EL DIA DE SAN CARLOS
4. de Noviembre de 1784.
QUE CONTIENE LOS CINCO PUNTOS
que expresa el referido Problema, y se anunció en la Gazeta de 31. de Octubre de 1783.
SU AUTOR
El R. P. Fr. Pedro de Torres, Sócio de Mérito en la clase de Agricultura de la misma Real Sociedad, Lector Jubilado en Sagrada Teología, y Corrector en su Convento de Minimos de la Ciudad de Motril.
CON LICENCIA:
En Madrid: En la Imprenta y Libreria de Alfonso Lopez, calle de la Cruz.



DISERTACION
ó
MEMORIA
SOBRE EL FOMENTO Y PROGRESO
DE LA AGRICULTURA
POR MEDIO DE LOS ABONOS DE LAS TIERRAS.
Obra completa en su clase; pues reune todos los puntos, asi naturales como artificiales, asi políticos como económicos, que contribuyen á hacer feliz una Monarchia por el utilísimo afan de la labranza.
DIRIGIDA
A LOS VERDADEROS AMIGOS DEL PAIS
POR EL LICENCIADO DON VICENTE FERRER, GOMEAIZ, Beneficiado y Montero, y Presbitero, ex Profesor público de Filosofia y Theologia de las Universidades de Toledo, Alcalá y Valladolid, Historiador por el Rey del Real Gabinete de Historia natural.
CON LICENCIA
EN MADRID: EN LA IMPRENTA REAL.
AÑO 1785.

8.4. La intensificación de los rendimientos de la agricultura se veía muy vinculada a la aportación de nutrientes. *A concienciar de esa necesidad se destinaron varias publicaciones, como ésta de Torres, de 1783, premiada por la Sociedad Económica de Amigos del País de Madrid, o la de Ferrer, de 1785, ambas impresas en Madrid.*

sin embargo mucho éxito, entre otras razones por oposición de los propios trabajadores[28].

Este ambiente de innovación, intenso aunque limitado a un círculo muy reducido de agricultores cultos, dio lugar también a la búsqueda de una mayor rentabilidad a través de la experimentación y la introducción de nuevos cultivos.

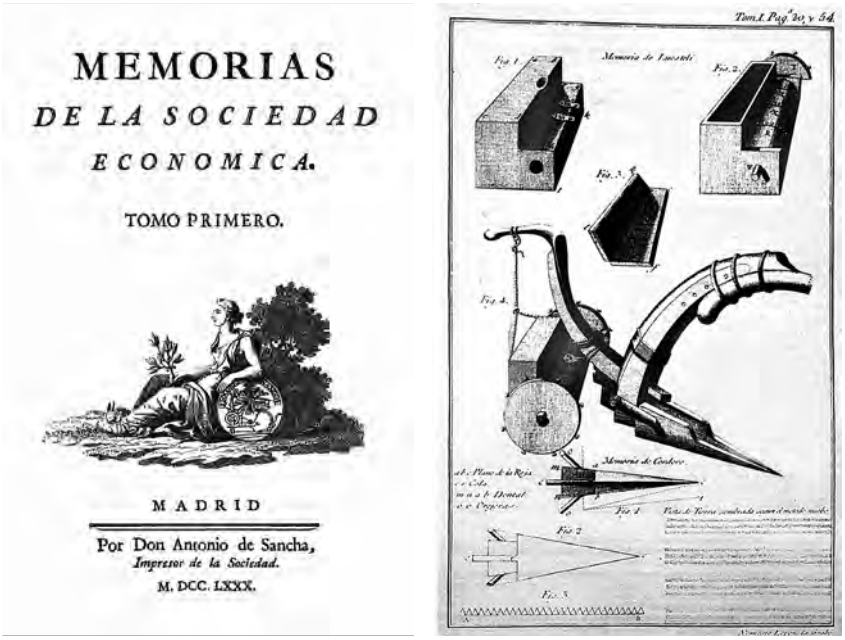
Se efectúan ensayos de enriquecimiento de los suelos con abonos como medio de aumentar rendimientos por semilla y disminuir los tiempos de barbecho; se discute sobre la introducción de prados artificiales como forma de incrementar el ganado[29]; se difunden medios para preservar los cultivos de diversas plagas[30]; se traducen

[28] El volvedor de mieses del cura conquense J. C. MANZANARES, 1777; los trillos de L. VÉLEZ, aplicables a cebada, avena, centeno, almorta, algarroba y garbanzo, descritos por A. CORDERO y de S. PAVÓN, avalado en la imprenta por el célebre agronomista BOUTELOU: A. CORDERO, 1780, y C. BOUTELOU, 1806. F. SALVÁ Y CAMPILLO y F. SANPONTS Y ROCA, 1874. Sobre todo ello, vid. J. FERNÁNDEZ PÉREZ, *op. cit.,* nota 23.

[29] M. I. de AGUIRRE, 1767; J. ÁLVAREZ GUERRA, 1803; J. P. CANALS Y MARTÍ, 1787; J. MIRALLES GUMIEL, 1788; F. CÓNSUL, 1786; J. M. FERNÁNDEZ VALLEJO, 1797; J. P. CANALS Y MARTÍ, 1787; J. A. VALCÁRCEL en su *Agricultura General* se ocupa ampliamente del abonado como forma de reducir el barbecho y de la introducción de prados artificiales.

[30] A. AGUILERA Y AGUILERA, 1803; V. ALCALÁ GALIANO, 1786; J. PASCUAL RICO, 1790. El natura-

estudios científicos sobre la influencia del clima en la agricultura[31]; se dan a conocer nuevas formas de tratamiento –podas, injertos, etc.– de las plantas[32] o de siembra[33], y se estudian mejores sistemas de regadío para incrementar los rendimientos de los terrenos[34], mientras que **Claudio Boutelou**, uno de los más conocidos especialistas dieciochescos, publicaba un tratado sobre huerta y cultivo de hortalizas[35].



8.5. Las* Memorias *de las Sociedades Económicas de Amigos del País *fueron vehículos decisivos para la difusión de novedades, como esta sembradora seiscentista de Lucatello, que aparece acoplada a un arado tradicional. Grabada por Nemesio López, fue publicada en* Memorias de la Sociedad Económica de Madrid, *1788 (también en la* Encyclopédie *de Diderot y D'Alembert). (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza).*

lista W. Bowles, conocido sobre todo por su *Introducción a la Historia Natural...,* escribió una monografía sobre una plaga temible en los campos cerealeros, la de la langosta: BOWLES, 1825, un tema sobre el que también se pronunciaban J. A. CEPEDA Y VIVERO, 1791 y el naturalista aragonés I. J. de ASSO, 1785, que fue traducido casi inmediatamente (1786) al alemán.

31 V. ALCALÁ GALIANO, 1786.

32 C. BOUTELOU, 1817; N. ALONSO DE MIRANDA.

33 A. CORDERO, 1780; C. GOMEZ ORTEGA tradujo el tratado escrito en francés por Duhamel de Monceau sobre plantación de árboles, 1805, mientras que el miembro de la Sociedad Económica Aragonesa V. MARTÍNEZ escribía dos memorias sobre cultivo de olivos y plantación de viñas, 1785 y 1787.

34 F. CONSUL JOVE Y TINEO; F. VIDAL Y CABASES, 1778.

35 C. BOUTELOU, 1801.

Quizá la mayor innovación fuera la adopción de cultivos nuevos o muy poco difundidos y que se esperaba que resultaran especialmente rentables. Fue rápida la aclimatación de la patata[36] y el maíz, mientras que la adopción del cacahuete produjo una viva polémica[37]. A ellos se unieron otras especies demandadas por las actividades industriales: lino, cáñamo[38], rubia o granza[39] –una planta tintórea sobre la que el agrónomo **Juan Pablo Canals** dictaminó como comisionado de la Junta General de Comercio y que como consecuencia de sus trabajos floreció de forma notable en las cercanías de Valladolid–, barrilla o plantas alimenticias hasta entonces desconocidas, como la colza[40] y el sésamo[41], o poco cultivadas, como las leguminosas, el algodón[42] y la caña de azúcar, que vuelve a introducirse en el sur subtropical; o las moreras, cuya demanda aumenta al socaire del incremento de las sederías, sobre todo en Cataluña[43].

En cuanto a los cultivos tradicionales, se ensayan variedades nuevas de cereales[44], olivos y arroz[45]. En zonas muy localizadas y gracias a su introducción, los rendimientos por superficie y simiente aumentaron. El viñedo, en franca expansión en la primera mitad del siglo, tropieza con crecientes problemas de demanda en la segunda mitad, dado el descenso del nivel adquisitivo de la masa campesina, lo que empuja a buscar vías de especialización, bien en pasas y aguardientes, bien en una mejora del producto final con vistas a una más fácil exportación. Aparecen así manuales y

---

36 E. DOYLE publicó tres monografías propagandísticas sobre el cultivo de la patata, estimulado desde la propia Corona y por la siempre activa Sociedad Bascongada, 1785, 1787 y 1799, varias veces reeditadas.

37 En torno a la aclimatación del cacahuete, vid. J. FERNÁNDEZ PÉREZ *et alii,* 1980. El botánico navarro Pedro Gregorio ECHEANDÍA Y JIMÉNEZ, introductor de la patata en Zaragoza, publicó una monografía ensalzatoria sobre el cacahuete en la que estudia sus propiedades, cómo se extrae su aceite, al que compara con el mejor aceite de oliva, e insta a su propagación, 1800.

38 Barón de ALVALAT, 1780; F. D. FERNÁNDEZ MOLINILLO, 1780; J. T. PEZZETI, 1779. El naturalista aragonés I. J. de ASSO imprimió para su difusión en España un *Extracto de la obra que sobre el cultivo del lino...*, 1788.

39 J. P. CANALS Y MARTÍ, 1779 (¿1782?). El médico y botánico C. GÓMEZ ORTEGA traducía en 1763 una memoria sobre la granza de Du Hamel du Monceau, 1763.

40 E. BOUTELOU, 1773; J. NAVARRO, 1773; J. P. CANALS Y MARTÍ, 1787.

41 M. HERNÁNDEZ DE GREGORIO, 1795.

42 S. CLEMENTE Y RUBIO, 1818.

43 El murciano A. ELGUETA VIGIL publicó una monografía sobre la cría del gusano y el cultivo de la morera basada en su propia experiencia, 1761. Hubo también estudios que trataban de extender la morera a zonas donde no se conocía, como la costa de Cantabria, en la que J. M. FERNÁNDEZ VALLEJO sostenía que podía introducirse, dado su carácter templado, 1797. Otras monografías sobre la cuestión: J. B. FILIPO, 1780; C. GARCÍA NAVARRO, 1786; G. ANES DUVAL, 1787.

44 I. J. de ASSO dio a la prensa el relato de dos experiencias acerca del cultivo y los rendimientos de diversas clases de trigo, 1798; C. BOUTELOU, 1806.

45 C. BOUTELOU, 1831.

R-619

ARTE

DE MEDIR TIERRAS,

Y AFORAR LOS LIQUIDOS

Y SOLIDOS.

POR

D. FRANCISCO VERDEJO GONZALEZ,
Catedrático de Matemáticas en los Reales
Estudios de esta Corte.

MADRID MDCCXCVI.

EN LA IMPRENTA DE SANCHA.

Con licencia.

8.6. Los tratados dedicados a difundir las nuevas técnicas más afinadas para medir las tierras o las minas *fueron varios, tanto en la Península como en los territorios americanos. Éste de Verdejo, Madrid, 1796, fue uno de ellos (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza).*

métodos de vinificación como los de **Arteta de Monteseguro,** *Lecciones breves y sencillas sobre el modo de hacer vino*[46], estudios sobre variedades de la vid para su mejor utilización como los publicados por los Boutelou sobre el viñedo de Sanlúcar de Barrameda[47], en los que disertan sobre las formas de aclimatación de las variedades del viñedo sanluqueño y su adecuación a los diferentes tipos de suelo; o el de **Cristóbal Medina Conde** sobre los vinos malagueños[48].

La progresiva deforestación que amenazaba a los montes peninsulares, sometidos a una intensa explotación histórica por la construcción naval, la siderurgia, los usos domésticos y los prejuicios ancestrales de los campesinos, se agrava durante el

[46] A. ARTETA DE MONTESEGURO, 1786; J. NAVARRO MAS Y MARQUET, 1797 y 1784; J. A. LAFARGA, 1783 es una traducción del italiano. En 1806 se publicaba en Madrid un estudio del químico Louis Proust que pretendía servir también como cartilla o manual para que los agricultores aprendieran a extraer azúcar de la uva, 1806.

[47] C. BOUTELOU, 1807 y 1808. Cfr. M. RUIZ LAGOS, 1974; S. de ROJAS CLEMENTE RUBIO, 1807; colaborador de E. Boutelou en la fundación de un Jardín Experimental y de Aclimatación en Sanlúcar, realizó estudios sobre los viñedos y plasmó en su *Ensayo* sus conocimientos sobre las diversas clases de viñas que se cultivaban en Andalucía.

[48] C. MEDINA CONDE Y HERRERA, 1792. La obra estudia el cultivo de la uva y los procedimientos de vinificación.

siglo XVIII, como hacía notar **W. Bowles** en su *Introducción a la Historia Natural...*[49], pues las roturaciones, fruto de la presión demográfica, hacen retroceder aún más la superficie arbolada; ello preocupa a los ilustrados, que se plantean su conservación y las posibilidades de reforestación, no sólo por razones de aprovechamiento económico sino también de carácter climático[50].

II

Publicaciones relativas a la ganadería y recursos pesqueros

La cabaña ovina sigue siendo la más importante, si bien las diferencias entre ganaderos y agricultores por el uso de las tierras se saldarán a fines de siglo en contra de aquéllos, cuando la Corona, tradicional apoyo de los dueños de ganado, cambie de óptica obligada por motines y tensiones sociales. Surgen obras que se refieren al ganado, su cría y su mejora[51]. El mantenimiento de la importancia de los équidos para los transportes y el trabajo agrícola hace que se escriban o se traduzcan numerosas monografías en torno a la cría y el cuidado de caballos, mulas y bueyes[52] y a la primacía o no del buey sobre la mula en los trabajos del campo, un tema recurrente y tradicional en la agricultura española[53]. Aparecen también escritos referidos a piscicultura, cría de gusanos de seda o apicultura, como fórmulas de incrementar los ingresos de los campesinos y la riqueza nacional[54].

El aprovechamiento de los recursos pesqueros, cerca de las costas o en alta mar, estimulado por un consumo relativamente alto y que tenía mucho que ver con prescripciones de carácter religioso, se remontaba al menos a la Baja Edad Media y en algunas artes a tiempos muy anteriores: pesca de vascos y gallegos, almadrabas de las

---

[49] W. BOWLES, 1775.

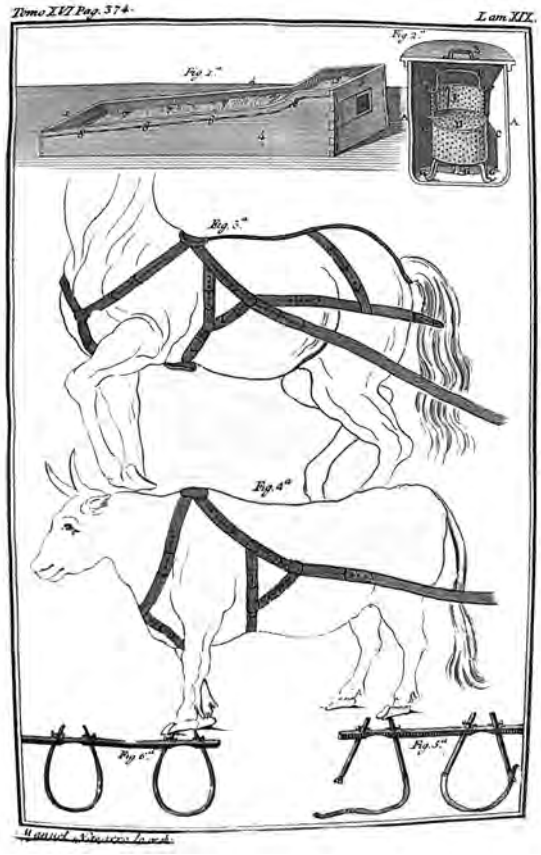
[50] El prolífico médico y botánico Casimiro GÓMEZ ORTEGA veía publicada en 1773 su traducción del *Tratado de las siembras y plantíos de árboles*, 1773, y en 1774 volvía a traducir a Duhamel de Monceau, 1774. La relación deforestación-inundaciones era planteada por A. R. IBÁÑEZ LLANO Y VALDÉS, 1788.

[51] D. DALMASES Y CAMPS, 1786; E. DOYLE, 1799.

[52] F. A. BALLESTEROS Y LAZCANO, 1762; F. P. BERNAD, 1757; B. GUERRERO LUDEÑA, 1735; F. de LAIGLESIA Y DARRAC tradujo del francés 1801 y escribió 1805, mientras que J. MORILLO se ocupaba de describir el estado del ganado equino en Castilla y Aragón en dos monografías, 1786 y 1787. P. P. POMAR es autor de 1760, 1789 y 1793. Más relacionado con los caballos como enganche, M. GARCÍA CABRICANO, 1746. Por último, F. de SANDE Y LAGO, en su *Compendio de Albeytería sacado de diversos autores*, dedica la primera parte a la crianza de equinos, la selección de yeguas y sementales, etc.

[53] J. CASTELNOU, 1787; M. de MAURUEZA BARREDA Y MÉNDEZ, 1790.

[54] M. GIJÓN Y LEÓN, 1780; ENGUITA, I 1788; A. de FRÍAS GONZÁLEZ, 1787; J. ÁLVAREZ GUERRA, 1805.



8.7. Los curas rurales fueron considerados, tanto por su reconocida autoridad como por su estrecha relación con las comunidades campesinas, el vehículo ideal para la difusión de las mejoras agrícola-ganaderas. *A ellos se destinó y para ellos fue creado el* Semanario de Agricultura y Artes dirigido a los párrocos *(Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza).*

costas del sur, etc. Pero a comienzos del siglo XVIII la actividad se encontraba sumida en una profunda decadencia[55]; España se había convertido en importadora de pescado, sobre todo del salado procedente de Inglaterra. Surgen por ello individuos que claman por la recuperación de la pesca y la eliminación de trabas que obstaculizaran su desarrollo. Las obras trataban de que se conocieran mejor los recursos pesqueros de las costas cercanas a la Península y de informar sobre artes y técnicas relativas a su práctica[56]. Es preciso destacar la labor de **José Cornide y Saavedra**, quien dio a la prensa su *Ensayo de una historia de los peces y otras producciones marinas de las cos-*

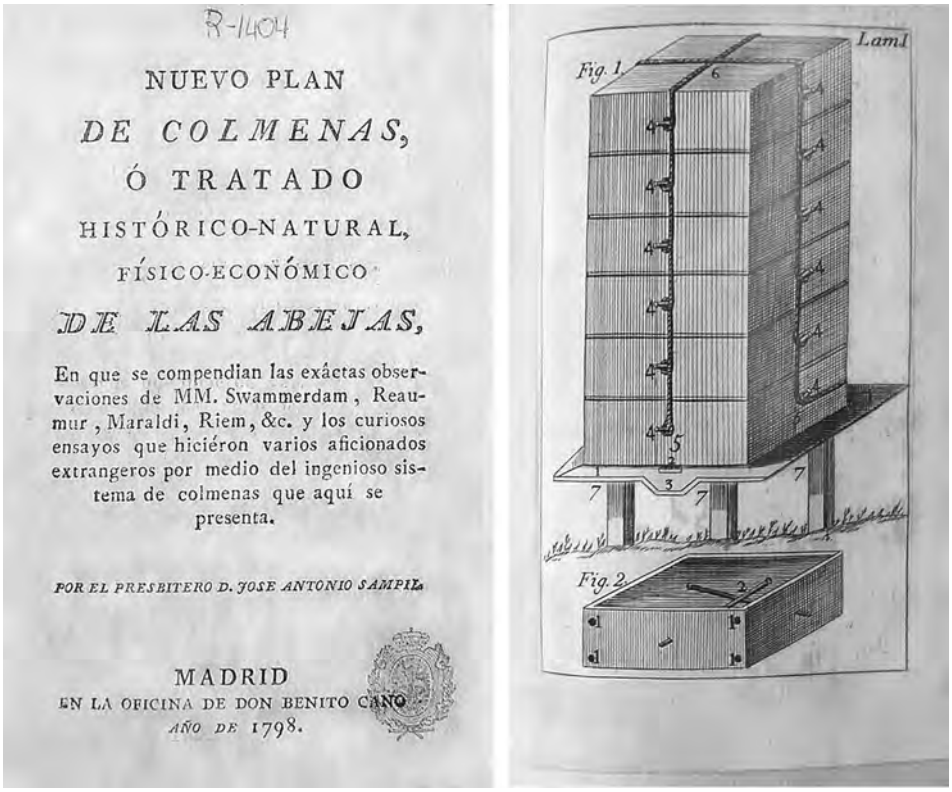
[55] I. GARCÍA FAJARDO, 1990.

[56] Vid. por ejemplo J. J. CAAMAÑO Y PARDO, conde de Maceda, 1797.

tas de Galicia... con un Tratado de las diversas Pescas y de las Redes y Aparejos con que se practica, donde no se limita a clasificar especies, sino que incluye capítulos descriptivos en torno a las técnicas de pesca, sobre las que ya antes había escrito una *Memoria sobre la pesca de sardina en las costas de Galicia*[57]. En 1790 y bajo el impulso del conde de Floridablanca, **Antonio Sáñez Reguart** publicaba su *Colección de los peces y demás producciones marítimas de España*, en colaboración con el zoólogo **Joaquín Bru de Ramón**, recopilación de datos que Sañez había recogido mientras trabajó como comisario de Guerra de Marina. La intención de ambos era describir todas las especies marinas, para lo que Sáñez recorrió las costas durante diez años y recolectó todo tipo de información sobre corrientes, animales, plantas marinas, con-

8.8. La propuesta de mecanización de las labores agrícolas produjo también rechazos y críticas. *Esta divertida caricatura presenta a un nuevo agricultor invadido por los instrumentos mecánicos.* Habit de Laboureur, *dibujado y grabado por Mr. De Larmes, París.*

[57] J. CORNIDE Y SAAVEDRA, 1774 y 1788. Cornide escribió también *Origen, progresos y decadencia de la pesca en Galicia* que no llegó a ver la luz impreso.



8.9. Una buena parte de las publicaciones dirigidas a la difusión de nuevas técnicas eran traducciones o compendios de innovaciones surgidas al norte de los Pirineos. *Es el caso de este* Nuevo Plan de Colmenas *dado a la prensa por el presbítero J. A. Sampil, Madrid, 1798 (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza).*

sideraciones económicas, noticias históricas etc.; y Bru dibujó las láminas anatómicas, si bien sólo llegaron a escribir el primer volumen, que quedó inédito. En 1790 y por encargo real comenzaron a trabajar en el *Diccionario histórico de los artes de la pesca nacional*, en el que siguieron la misma división del trabajo, y dieron a la imprenta un amplio repertorio alfabético dedicado a la actividad pesquera, en cinco volúmenes, e ilustrado con más de trescientas láminas[58]. Otras publicaciones tenían un carácter más programático en defensa del progreso de las pesquerías en una determinada costa o de un tipo de pesca concreto[59].

[58] A. SÁÑEZ REGUART, 1791-95. Sobre Sáñez, vid. J. M. LÓPEZ PIÑERO y cols., 1983; I. GARCÍA FAJARDO, *op. cit.*

[59] L. MARÍN CUBILLAS, 1806; J. A. PÉREZ DEL RÍO Y VILLEGAS, 1797.

III

Publicaciones relativas a aprovechamientos energéticos, minería y metalurgia

En la Península Ibérica se contaba con una larga tradición, habiéndose alcanzado un destacado nivel en el uso del agua, lo mismo en regadíos y abastecimientos urbanos que como energía motriz[60]. El abastecimiento de agua a Madrid, que, como en otras ciudades españolas, se efectuaba a través de un sistema de túneles subterráneos –los "viajes"– fue estudiado y descrito por **Teodoro Ardemans**, ingeniero, arquitecto mayor y constructor de palacios reales en época de Felipe V, en su monografía *Fluencia de la tierra y curso subterráneo de las aguas*[61]. En ella proporcionaba instrucciones para la excavación de los túneles y planteaba procedimientos nuevos para efectuar los aforos de caudales. Las inquietudes higienistas del siglo llevaron a la construcción de numerosos abastecimientos urbanos nuevos. Destacó por su complejidad el acueducto levantado para conducir el agua a Málaga, descrito en la obra de **Ramón Vicente y Monzón** *Relación de la obra del acueducto de Málaga,* 1786.

En cuanto al agua como fuerza motriz, el retraso en el uso del vapor y el carbón mineral en España mantuvieron la energía hidráulica aplicada a ruedas de madera como la más empleada después de la animal a lo largo del siglo XVIII. Tanto los mecanismos de ruedas como los diques que era imprescindible levantar para conseguir los saltos de agua fueron descritos por **Pedro Villarreal de Bérriz** en una monografía fruto de su experiencia como ingeniero en Vizcaya, donde proyectó y construyó cinco presas [62].

La minería se encontraba en la primera mitad del siglo XVIII prácticamente paralizada; sólo el yacimiento de mercurio de Almadén y las minas de hierro de la franja cantábrica mantenían su producción a la altura de 1750, el primero gracias a su papel central en la obtención argentífera ultramarina y las segundas en función del abastecimiento a la siderurgia. Pero la demanda del incipiente sector manufacturero y del programa borbónico de rearme, junto con el incremento de la producción argentífera colonial, plantearán la necesidad de una reforma que será acometida por los gobernantes ilustrados en la década de los 50 y se basará esencialmente en la importación de técnica extranjera, hasta los años 70 en forma de contrato a especialistas germanos y en adelante por medio del envío de pensionados a centros de excelencia extranjeros –Freiberg, en Sajonia; Banska Stiavnica, en Eslovaquia– o a recorrer los principa-

---

60 Sobre hidráulica en el siglo XVIII, cfr. I. GONZÁLEZ TASCÓN, 1987, y J. FERNÁNDEZ PÉREZ e I. GONZÁLEZ TASCÓN, 1990.

61 T. ARDEMANS, 1724.

62 P. B. VILLARREAL DE BÉRRIZ, 1736, reimpresión facsímil en San Sebastián, 1973; sobre el personaje, RUIZ de AZÚA, Estíbaliz, Madrid, 1990.

les centros mineros de la Europa del norte. **Juan José** y **Fausto de Elhuyar** son los más conocidos; tras estudiar en Sajonia y Eslovaquia y visitar otros países europeos, se dedican a su vuelta a España al estudio del wolframio, sobre el que publican conjuntamente una monografía[63].

La ausencia de una enseñanza institucionalizada no favoreció la aparición de manuales para uso de técnicos mineros y metalúrgicos, un vacío que fue colmado con traducciones[64]. Entre los escasos originales puede citarse la obra de **José Díaz Infante**, que en su *Pirometalia* se ocupó de la explotación de las minas de cobre y estaño, de su fundición y de las posibles aleaciones, una excepción por ocuparse de metales útiles en un contexto de obsesión exclusivista por la producción de metales preciosos[65].

Como es natural, la importancia de la actividad minera y metalúrgica americana tuvo su reflejo en forma de publicación de monografías relacionadas con ella. Las reformas borbónicas aplicadas a la minería tuvieron como uno de sus pilares fundamentales los cambios legales, basados en una parte importante en la obra de un novohispano, **Francisco Javier Gamboa**, quien publicó en Madrid sus *Comentarios a las Ordenanzas de Minas*; la monografía no era sólo una crítica a la legislación vigente y una propuesta de renovación, sino también el mejor tratado sobre la técnica minera utilizada en la América hispana y sobre las innovaciones aparecidas en Europa susceptibles de ser aplicadas allí[66].

Los estudios conducentes al aislamiento en laboratorio y la descripción del platino dieron lugar a una copiosa literatura, en la que participaron **François Chabaneau**, profesor del Seminario de Vergara y de la Real Escuela de Mineralogía de Madrid y director del laboratorio de química del Ministerio de Hacienda[67]. Escribieron también sobre el novísimo metal **Fausto de Elhuyar** y **Valentín de Foronda**[68]. El más tradicional de los procedimientos de extraer plata de su mineral, la amalgamación, practicada en América desde mediados del siglo XVI, había sido descrito y modificado en el XVII por **Álvaro Alonso Barba**, cuya obra siguió vigente y fue objeto de varias ediciones en el XVIII[69]; una variante de su fórmula se introdujo en el Imperio austriaco por el barón von Born y, conocida en España, se hicieron esfuerzos para aplicarla en América, lo que dio lugar a una serie de escritos de los que fueron autores Fausto de Elhuyar[70] o los pensionados y directores de Almadén, **Francisco de la Garza** y

63 F. y J. J. de ELHUYAR, *Análisis química del wolfram y examen de un nuevo metal que...*

64 A título de ejemplo, F. CAMPUZANO, 1789.

65 J. DÍAZ INFANTE, 1740.

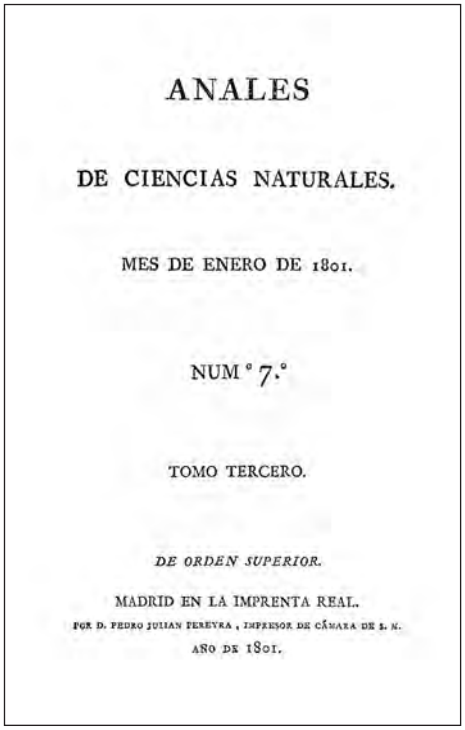
66 F. X. GAMBOA, 1761. Hay una edición facsímil en México, Colegio de Minería, 1989.

67 F. CHABANEAU, 1797.

68 F. de ELHUYAR: *Disertación sobre la platina*; V. de FORONDA, 1786.

69 A. A. BARBA, 1729.

70 F. de ELHUYAR, 1787.



ANALES

DE CIENCIAS NATURALES.

MES DE ENERO DE 1801.

NUM.° 7.°

TOMO TERCERO.

DE ORDEN SUPERIOR.

MADRID EN LA IMPRENTA REAL.

POR D. PEDRO JULIAN PEREYRA, IMPRESOR DE CÁMARA DE S. M.

AÑO DE 1801.

54 ANALES

de tinta de la China, y desde allí distinguí bastante bien las manchas de la Luna que cubría.

He hecho estas observaciones con el mismo anteojo con que observé el paso de Mercurio, con un ocular que aumenta unas 50 veces el volúmen de los objetos.

Observaciones y experimentos sobre el beneficio de las minas de plata por medio de la amalgamacion. Por D. Diego Larrañaga, D. Francisco de la Garza, D. Alexandro Vicente Ezpeleta y D. Juan Modesto Peringer.

El beneficio de los minerales de plata y oro por la amalgamacion es bien antiguo y conocido en nuestra América; pero hasta ahora apenas se ha trabajado en averiguar la verdadera teoría que debe servir de basa para perfeccionarle, y lograr por este medio dichos metales con la menor pérdida posible, y con la mayor economía del azogue empleado.

Mr. Born ha sido el primero en Europa que por las noticias publicadas por nuestros autores sobre la amalgamacion de América se ocupó en ella con esmero, y á él se deben los establecimientos de esta naturaleza existentes en Alemania. Este sabio en su obra titulada *Método de extraer de los minerales los metales perfectos, y otras substancias metálicas por el mercurio*, impresa en Viena en 1788: despues de referir extensamente las prácticas de amalgamacion de nuestras Américas, explica la teoría química de esta operacion.

Para disponer á la amalgamacion los minerales que tienen plata y oro, se reducen primero á harina, y despues o se calcinan solos á un fuego moderado, ó se mezclan con una porcion de sal marina hasta que no se perciba olor de azufre: en el primer caso se echa al

8.10. Los* Anales de Ciencias Naturales*, la publicación periódica más destacada de fines del siglo XVIII, *impulsada entre otros por Larrañaga y Herrgen, fue un elemento muy importante de difusión de la actividad científico-técnica. En ella aparecieron, entre otros, escritos de Francisco de la Garza relacionados con la metalurgia (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza).*

Diego Larrañaga[71]. Por último, el repetidamente citado Fausto de Elhuyar publicó en España el mejor estudio editado sobre el papel de la minería en la economía colonial novohispana[72].

Las técnicas de ensaye tenían una tradición muy arraigada en España –recuérdese la importancia de la obra de Juan de Arfe en el siglo XVI– y son también objeto de estudios en el XVIII, entre los que sobresalen los de **García Caballero** o **García Fernández**[73].

La siderurgia era en España la segunda rama en importancia del sector secundario[74]; su actividad, una de las más importantes en Europa, se remontaba a la Edad

71 Diego de LARRAÑAGA *et alii,* 1801.

72 F. de ELHUYAR, 1825.

73 J. J. GARCÍA CABALLERO, 1713; D. GARCÍA FERNÁNDEZ, 1795. El célebre médico y botánico Casimiro GÓMEZ ORTEGA tradujo el *Arte de ensayar oro y plata* del francés Sage, 1785.

74 Cfr. L. M. BILBAO y E. FERNÁNDEZ DE PINEDO, 1982.

Media. Aunque se fabricaba hierro en cantidades pequeñas un poco por todas partes e incluso trabajaban ya algunos altos hornos, la mayor parte de la producción se obtenía tradicionalmente en las ferrerías guipuzcoanas y vizcaínas.

La siderurgia vasca había sufrido una fuerte recesión a fines del siglo XVII, de la que volvió a emerger en la segunda década de la centuria siguiente para entrar en un período de auge favorecido por la demanda que generó la recuperación agrícola y el programa borbónico de construcción naval. Pero las dificultades hacen su aparición a partir de los años 60, sobre todo por la escasa renovación técnica –la siderurgia vasca utilizaba el procedimiento directo según el sistema de hornos bajos, superado en el resto de Europa ya desde el siglo XV, y basaba su éxito esencialmente en la calidad de la materia prima, pero a cambio los precios finales resultaban muy elevados–, lo que la convertía en la industria de transformación de hierro más atrasada de Europa. La elevación constante de los precios de los combustibles vegetales y la irrupción en los mercados europeos, hacia los que tradicionalmente exportaba, de nuevos hierros competidores suecos y rusos más baratos desplazaron progresivamente a los vascos más allá de los Pirineos. El recurso fácil al proteccionismo estatal no enmascarará del todo las dificultades y la inaplazable necesidad de renovación, que en realidad no llegará hasta el siglo siguiente. Para hacer frente a algunos de esos problemas, a fines del XVIII se iniciará el transporte al País Vasco del carbón asturiano, recientemente comenzado a explotar. También aquí fueron iniciativa de la Sociedad Bascongada las primeras pruebas para la aplicación del carbón mineral a la elaboración del hierro, recogidas por **Juan Fermín Guiliasti**, quien escribió un *Informe sobre la aplicación del cok a las ferrerías*[75].

Si la siderurgia tropezaba con problemas crecientes, en torno a ella no se había desarrollado una industria metálica de suficiente entidad, capaz de competir con las cuantiosas importaciones. Su retraso técnico, aún más notable que el de la siderurgia, aparece patente en la memoria que sobre la metalurgia guipuzcoana escribió **Bernabé Antonio de Egaña**[76].

La urgente necesidad de renovación de siderurgia y metalurgia fue una de las preocupaciones constantes de la Sociedad Bascongada, que publicó en relación con ella un elevado número de páginas. Fausto de Elhuyar se ocupó tanto de la producción de materia prima en el más rico de los yacimientos como de su transformación y propuso medios para mejorarla[77]. Pensionado de la Sociedad fue **Ramón María de Munibe**, hijo de su fundador, viajero por las minas y fundiciones de hierro europeas; de su visita a las de Suecia dio cuenta en una monografía[78]. Igualmente vinculado a la

75 J. F. GUILIASTI, 1776.

76 B. A. de EGAÑA, 1788.

77 F. de ELHUYAR, 1783 y 1788.

78 R. M. de MUNIBE, 1772.

Sociedad estaba **Trino Antonio Porcel**, que realizó análisis de las vetas férricas más productivas del País Vasco[79].

No fue la siderurgia vasca el único centro de demanda que potenció la búsqueda y primeras explotaciones de yacimientos de carbón en territorio peninsular. También las reales fábricas y las primeras instalaciones de máquinas de vapor representaban centros potenciales de consumo[80]. En tal coyuntura comienzan, en la segunda mitad de la centuria, los primeros intentos de activar la extracción de **combustible fósil**, en los que el Estado y la minoría ilustrada toman una parte muy activa. Cuando esta última comenzó a ocupar puestos de poder, dio cuenta de sus propiedades e hizo propaganda de su utilización traduciendo obras extranjeras, publicadas donde el carbón era ya de uso corriente[81], y multiplicó las solicitudes de informes y estudios sobre el tema a sociedades económicas y hombres de ciencia; como resultado de ellos se descubrió un amplio conjunto de yacimientos en el reino, relatados en un sinnúmero de memorias[82]. Sin embargo, a pesar de tantos esfuerzos, el siglo finalizó sin que España viera desarrollarse aún una explotación carbonífera de cierta entidad. La siderurgia básica no utilizó carbón antes del siglo XIX, aunque sí lo hizo la de transformación, tal como refleja la memoria de **Jerónimo Tavern**, elevada a la Sociedad Bascongada de Amigos del País[83]. Una memoria presentada por **José Vicente Pereda**, químico e instruido en mineralogía en 1804, se lamentaba de la mala explotación que se aplicaba a la cuenca más importante del reino, la de Asturias, y proponía remedios para su corrección[84].

IV

Publicaciones relativas a industrias varias: del sector textil a los instrumentos

Entre las actividades secundarias, al igual que sucedía en toda la Europa preindustrial, la industria textil ocupaba de lejos el lugar más importante, tanto por el número de trabajadores como por la riqueza generada. El sector textil español se encontraba sumido en una profunda depresión a comienzos de siglo, debido sobre todo a una ventajosa competencia exterior. La política borbónica tendió a estimular su

---

79 T. A. PORCEL, 1788.

80 Sobre la historia del carbón mineral en España, cfr. S. COLL MARTÍN y C. SUDRIÁ I TRIAY, 1987.

81 Le Medicin MORAND, 1778; P. RODRÍGUEZ DE CAMPOMANES, en su *Apéndice..*, 1775-1777, traduce una memoria francesa sobre el carbón mineral.

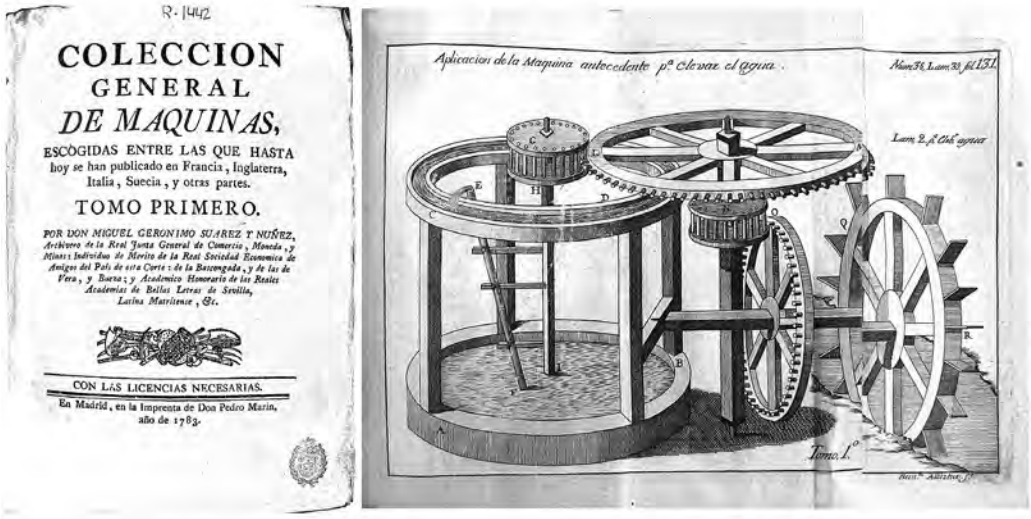
82 J. de LACROIX Y VIDAL, 1803. J. COMES, 1786. D. de TORRES, 1785-86; J. CORNIDE, 1790; J. CORONADO, 1790; P. HENRY, 1790.

83 J. TAVERN, 1789.

84 J. V. PEREDA, 1814.

recuperación tanto en el mercado interior como en el colonial a través de privilegios fiscales, y al mismo tiempo, y en la segunda mitad del siglo, siguiendo la inspiración francesa, creando manufacturas reales que suplieran lo que la iniciativa privada se manifestaba incapaz de acometer.

La competencia exterior, basada en géneros más baratos y mejores –sobre todo en la gama de tejidos de lujo–, estimulaba a mejorar la calidad en la presentación de los productos de las manufacturas interiores por medio de innovaciones técnicas. Se realizaron, así, ensayos en tintes, blanqueo de lienzos, hilado, que dieron lugar a un alto número de monografías[85], fruto de experiencias aquí o difusoras de novedades extranjeras; un buen ejemplo es la obra de **Joaquín Manuel Fos**, fabricante valenciano de seda que se trasladó a Francia e Inglaterra, donde trabajó en fábricas textiles, tras lo que regresó a su lugar de origen para publicar una *Instrucción metódica sobre los mueres*, una extraordinaria obra de divulgación especializada que incluye un conjunto de láminas grabadas[86].


R. 1442

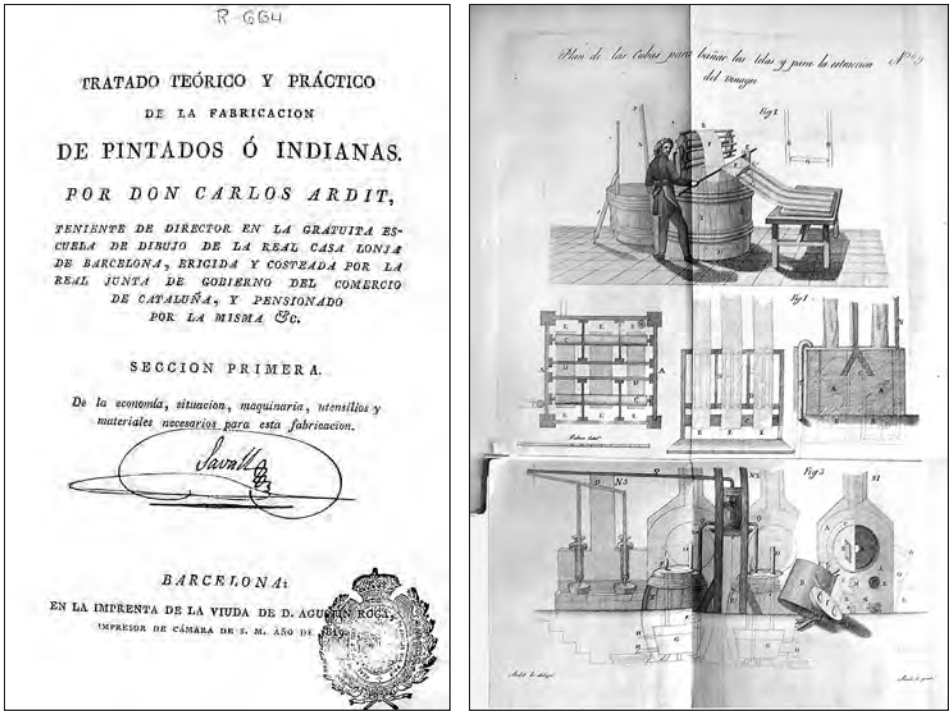
COLECCION
GENERAL
DE MAQUINAS,
ESCOGIDAS ENTRE LAS QUE HASTA hoy se han publicado en Francia, Inglaterra, Italia, Suecia, y otras partes.
TOMO PRIMERO.
POR DON MIGUEL GERONIMO SUAREZ Y NUÑEZ, Archivero de la Real Junta General de Comercio, Moneda, y Minas: Individuo de Merito de la Real Sociedad Economica de Amigos del Pais de esta Corte: de la Bascongada, y de las de Vera, y Buena; y Academico Honorario de las Reales Academias de Bellas Letras de Sevilla, Latina Matritense, &c.
CON LAS LICENCIAS NECESARIAS.
En Madrid, en la Imprenta de Don Pedro Marin, año de 1783.

Aplicacion de la Maquina antecedente p.ª Elevar el agua.
Tomo 1.º

8.11. Los catálogos de máquinas fueron uno de los objetivos más destacados entre las publicaciones del tiempo de la Ilustración. *Entre otros, apareció esta* Colección General de Máquinas *de Miguel Gerónimo Suárez, Madrid, 1783 (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza).*

85 J. P. CANALS Y MARTÍ, director general de Tintes del Reino, escribió varias memorias en relación con experimentos de tintes: s. a. [1768 según F. AGUILAR PIÑAL]; 1779; 1769; P. GUTIÉRREZ BUENO, 1800; 1801, I; 1801, II. B. CISTUÉ, 1803; F. CÓNSUL JOVE Y TINEO, 1794; M. GIJÓN Y LEÓN, 1780; J. LAPAYESE, 1794; L. de IMBILLE, 1787.

86 J. M. FOS, 1790; F. ORTELLS Y GOMBAU, 1783.


R-664

TRATADO TEÓRICO Y PRÁCTICO

DE LA FABRICACION

DE PINTADOS Ó INDIANAS.

POR DON CARLOS ARDIT,

TENIENTE DE DIRECTOR EN LA GRATUITA ESCUELA DE DIBUJO DE LA REAL CASA LONJA DE BARCELONA, ERIGIDA Y COSTEADA POR LA REAL JUNTA DE GOBIERNO DEL COMERCIO DE CATALUÑA, Y PENSIONADO POR LA MISMA &c.

SECCION PRIMERA.

De la economía, situacion, maquinaria, utensilios y materiales necesarios para esta fabricacion.

BARCELONA:

EN LA IMPRENTA DE LA VIUDA DE D. AGUSTIN ROCA,

IMPRESOR DE CÁMARA DE S. M. AÑO DE 1819.

8.12. Entre las innovaciones más importantes en la industria textil, los tejidos estampados denominados "indianas" tuvieron un papel muy sobresaliente. *A la difusión de sus formas de fabricación se dedicaba el tratado publicado por Carlos Ardit, Barcelona, ya en 1819 (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza).*

Si bien la producción en las fábricas reales fue mucho menor que la de los talleres privados, aquéllas, pese a todos los problemas que arrastraron desde su fundación[87], fueron un factor importante de innovación[88]; por ejemplo, en el proceso de tintado, favoreciendo la preparación por primera vez del pastel y la rubia en España, productos hasta entonces importados y que comienzan entonces a producirse como consecuencia de la demanda de estas fábricas. Maestro tintorero de gran experiencia en una de ellas, la de Valencia, fue Luis Fernández, antiguo pensionado real en el extranjero, quien en tres monografías puso por escrito sus experiencias y dio a conocer técnicas que hasta entonces se importaban del exterior[89].

Otras industrias. Junto a minas, telares y transformación de hierro, a lo ancho del reino muy diversas actividades secundarias se movían en un marco tradicional al

87 A. GONZÁLEZ ENCISO, 1980.

88 J. PÉREZ QUINTANA, Sevilla, s.a.

89 L. FERNÁNDEZ, 1786, I; 1786, II; 1778.

que la Ilustración pretendió insuflar novedades a través de la letra impresa. Surgieron, así, monografías dedicadas al **curtido de pieles**[90], la **alfarería** y la **cerámica**[91], el **vidrio**[92], la **platería** y **joyería**[93] o la elaboración de **pinturas**[94]. El progreso de la química como disciplina de estudio lleva también a algunos especialistas a la publicación de ensayos sobre fabricación de **productos químicos**[95].

Por su parte, el programa borbónico de reforzamiento militar propicia actividades como la fabricación de **pólvora**. **Tomás de Morla**, vinculado a la Escuela de Artillería de Segovia y autor de un famoso *Tratado de Artillería*, editó también un *Arte de fabricar pólvora*, estudio sobre su fabricación que había de servir como base para la instalación de una moderna planta de fabricación del explosivo[96].

Máquinas e instrumentos. Junto a las actividades industriales y artesanas, la erección, sobre todo en la segunda mitad del siglo, de diversos organismos de carácter científico, como el Observatorio de la Armada, planteó enseguida la necesidad de obtener para ellos buenos instrumentos, como anteojos, telescopios o relojes[97]. Pero España, a pesar de numerosos esfuerzos auspiciados por el poder real –se creó un obrador de instrumentos de la marina y uno de relojería, ambos de efímera vida; se enviaron pensionados a Francia e Inglaterra; se fundó el Taller de Instrumentos del Real Palacio–, de la actividad de la Conferencia Físico-experimental de Barcelona, luego Academia[98], y de alguna universidad aislada, como la de Valencia, se mostró incapaz de desarrollar talleres duraderos de construcción de instrumentos científicos y relojes, y se vio obligada a recurrir de forma constante a la importación, sobre todo de Inglaterra, como medio de disponer de ellos. Ciertamente, florecieron algunas individualidades destacadas que construyeron máquinas y prototipos dedicados a la ciencia pura, la agricultura, la industria o las obras públicas, y que contribuyeron a introducir en el país el gusto por el maquinismo, pero prácticamente ninguno de ellos

90 J. ÁLVAREZ GUERRA, 1804; C. MIGUÉLEZ, 1805.

91 P. GUTIÉRREZ BUENO. El químico Louis PROUST imprimía en 1797 una «Memoria sobre el azul de Prusia», 1797, y en 1803 un estudio sobre vidriado y estañado, 1803.

92 P. GUTIÉRREZ BUENO, 1799.

93 P. DABOUT, 1787; J. A. de MERCADO, s. a. (Sevilla, 1701, según F. AGUILAR PIÑAL); D. de MOSQUERA, 1721. El salmantino Bernardo MUÑOZ DE AMADOR, ensayador real y «fiel contraste, tocador de oro y marcador de plata de Madrid», daba a la prensa dos cartillas prácticas para uso de plateros, 1741 y 1755; J. TRAMULLAS Y FERRERA, 1734 y 1743.

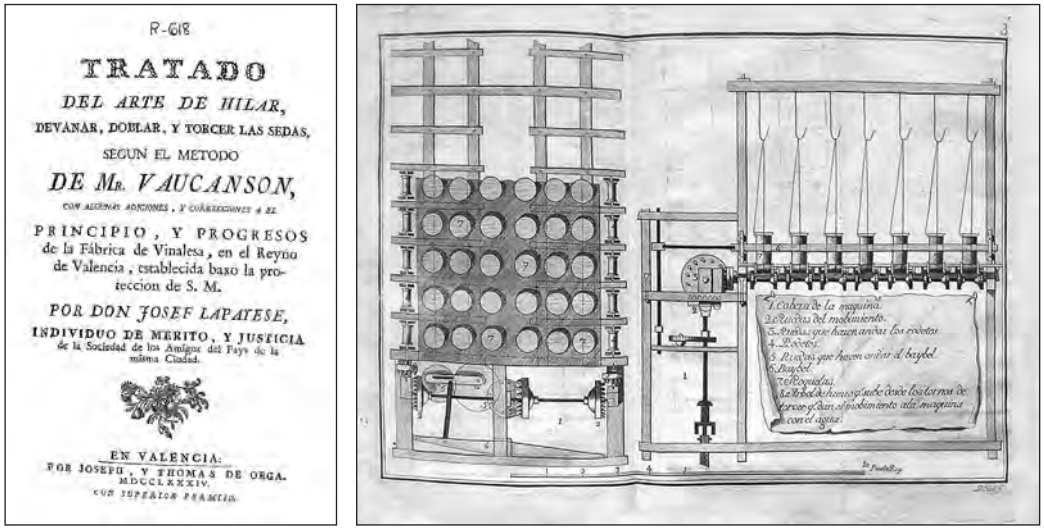
94 Francisco Vicente de ORELLANA tradujo del francés, pero también incluyó capítulos de su propia experiencia, un tratado de pinturas, 1755; G. CANTELLI, Valencia, 1735, y Pamplona, 1755.

95 P. GUTIÉRREZ BUENO, s. a. y 1787.

96 T. de MORLA, 1800. También, J. A. PINTADO, 1782;. L. PROUST, 1804.

97 A. LAFUENTE y M. SELLÉS, 1988. Sobre la instrumentación científica, cfr. A. TENN, artículo en prensa.

98 Cfr. J. IGLESIES FORT, 1964.


R-618

TRATADO

DEL ARTE DE HILAR,

DEVANAR, DOBLAR, Y TORCER LAS SEDAS,

SEGUN EL METODO

DE Mr. VAUCANSON,

CON ALGUNAS ADICIONES, Y CORRECCIONES A EL

PRINCIPIO, Y PROGRESOS de la Fábrica de Vinalesa, en el Reyno de Valencia, establecida baxo la proteccion de S. M.

POR DON JOSEF LAPAYESE,

INDIVIDUO DE MERITO, Y JUSTICIA de la Sociedad de los Amigos del Pays de la misma Ciudad.

EN VALENCIA:

POR JOSEPH, Y THOMAS DE ORGA.

MDCCLXXXIV.

CON SUPERIOR PERMISO.

8.13. Los hilados constituyen otro de los pilares de la renovación de la industria textil. *Los nuevos procedimientos aparecidos en Europa fueron difundidos aquí a través de numerosas publicaciones, generalmente dotadas de ilustraciones de las nuevas máquinas. Este tratado de J. Lapayese (Valencia, 1784), que recoge sus experiencias en su fábrica de Vinalesa, fue una de ellas (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza). La máquina representada es una dobladora de seda, adaptación suya a partir de un modelo cedido por J. Reboull.*

legó obra escrita, y la del más importante de los ingenieros dieciochescos, A. de Betancourt y Molina, fue escrita en francés, lo mismo que sucede con la de su colaborador José María Lanz, por lo que no nos detendremos en ellas.

La construcción de instrumentos y máquinas dio lugar a diversos manuales y monografías, muchos de ellos dedicados a difundir el uso de artefactos para la industria o la agricultura, de los que ya antes hemos citado, por ejemplo, el de **Pedro Villarreal de Bérriz**. De carácter general pueden citarse el tratado de **Miguel Gerónimo Suárez**, *Colección General de Máquinas*, aparecido en Madrid en 1783, o los *Principios de mecánica* de **Francisco Sanponts y Roca**[99]. Relacionados con la investigación científica pueden considerarse los **globos aerostáticos**, tan en boga en la segunda mitad de la centuria y sobre los que se escriben algunas páginas para su conocimiento en el país y para la difusión de experiencias realizadas aquí[100]; algo semejante sucede con los **pararrayos**[101]. Numerosos son los escritos que hacen refe-

99 F. SANPONTS Y ROCA, s. a.

100 P. ALONSO DE SALANOVA Y GUILARTE, 1792; M. GAMBORINO, 1784.

101 A. JUGLÁ Y FONT, 1788.

rencia a los **relojes**, en consonancia con la importancia que adquieren en el siglo XVIII, cuando pasan de ser objetos de uso personal a instrumentos destacados en actividades como la navegación o la observación científica, aunque sigan construyéndose todavía de forma corriente relojes solares. Consecuente con la escasa importancia de la fabricación relojera en el reino, la gran mayoría de lo editado son manuales encaminados a la reparación, si bien aparecen también traducciones y obras orientadas al ajuste horario de los aparatos[102].

V

Urbanismo, construcción y obras públicas

En este apretado apartado no entraremos en la mención de las obras más propiamente específicas del diseño espacial y estilístico, esencialmente dirigidas a arquitectos e ingenieros militares y que se comentan en otros capítulos de esta obra, y nos limitamos a hacer simple mención de la importancia que tuvo el tema entre las publicaciones dieciochescas. Naturalmente, la construcción y su derivado, el urbanismo, son objeto de tratamiento profesional en obras que hacen referencia al uso de materiales constructivos[103], a reglas para el trabajo de los arquitectos[104], a las técnicas auxiliares de **agrimensura, planimetría y delineación**[105], a proyectos para mejoramiento urbano[106] y a ordenanzas constructivas para las ciudades; entre estas últimas las publicadas en 1719 por **Teodoro Ardemans**, maestro mayor de obras de Madrid, constituyeron un conjunto de reglas técnicas para la construcción de edificios en la capital del reino, pero que incluyen también las entonces vigentes en Toledo y Sevilla[107]. Directamente relacionado con la edificación y el ornato urbano, el siglo XVIII

---

102 F. ÁLVAREZ, 1727; P. de ENGUERA Y ORTEGA, 1698 y 1723; M. CERELLA Y COAGA, 1789; P. MARECHAL, 1767; F. A. ESPINÓS, 1802; N. de PENNA, 1760. Como no podía ser menos, también se tradujeron obras extranjeras para su mejor difusión y conocimiento en España: F. PÉREZ PASTOR, 1770; A. GUILLEMAN, 1761; M. GRULLA, 1792.

103 J. BLASCO NEGRILLO, 1805. La necesidad de ahorrar materiales en los retablos y de evitar el uso de madera, prohibido por ordenanzas defensoras de los bosques, llevó en el siglo XVIII a la imitación del jaspe por medio del estuco jaspeado en los retablos; sobre ello escribió el racionero de la catedral de Ciudad Rodrigo Ramón PASCUAL DÍEZ, 1785.

104 El dominico fray Pedro MASUSTEGUI dio a la prensa un *Arte de la construcción,* 1734; B. FERRER, 1716.

105 J. GARCÍA BERRUGUILLA, 1747; M. HIJOSA, 1784; J. I. de ECHEVARRÍA, 1758. El profesor de la Escuela de Guardiamarinas Antonio Gabriel FERNÁNDEZ dio a la prensa en 1778 un *Compendio de la Geometría elementar*.

106 A. MARTÍ, 1738, I, y 1738, II.

107 T. ARDEMANS, 1719. Se reimprimió al menos siete veces a lo largo del siglo, prueba de la vigencia de la obra.

FLUENCIAS
DE LA TIERRA,
Y CURSO SUBTERRANEO
DE LAS AGUAS.
DEDICADO
A MARIA SANTISSIMA,
Señora nuestra, en su Imagen
de Bethleen, hulda à
Egypto.
POR DON THEODORO ARDEMANS,
Arquitecto, y Tracista Mayor de las obras Reales, Maestro Mayor de las de Madrid, Veedor de las conducciones de las Aguas, Maestro Mayor de Fuentes, y de la Santa Iglesia de Toledo, Pintor de Camara de su Magestad, con la llave de Furriera, y de la Noble Guardia de Corps jubilado.
CON PRIVILEGIO.
En Madrid, por Francisco del Hierro. Año de

VERDADERA PRACTICA
DE LAS RESOLUCIONES
DE LA GEOMETRIA,
SOBRE LAS TRES DIMENSIONES
PARA UN PERFECTO
ARCHITECTO,
CON UNA TOTAL RESOLUCION
PARA MEDIR, Y DIVIDIR
LA PLANIMETRIA
PARA LOS AGRIMENSORES.
DEDICADO
A NUESTRA SEÑORA DE BELEN,
que se venera en la Parroquia de San Sebastian de esta Corte.
SU AUTOR
EL MAESTRO JUAN GARCIA BERRUGUILLA, el Peregrino.
CON PRIVILEGIO.
En MADRID: En la Imprenta de Lorenzo Francisco Mojados, Año de 1747

8.14. Urbanismo, construcción y sus técnicas auxiliares de agrimensura, delineación y aguas subterráneas fueron otros de los temas que se abordaron en la literatura técnica destinada a profesionales. *Teodoro Ardemans, maestro mayor de obras de Madrid y editor de sus ordenanzas urbanísticas, publicó también este estudio sobre hidráulica práctica (1724), mientras que Juan García Berruguilla (1747) lo hacía sobre planimetría, ambos publicados en Madrid (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza).*

ve un incremento notable del planeamiento de jardines y parques, que da lugar a monografías acerca de la **floristería y el paisajismo**. Destacadas figuras en materia de jardinería fueron los hermanos **Claudio** y **Esteban Boutelou**, antes citados en relación con la agricultura, pensionados reales en Francia e Inglaterra y de los que el primero desempeñó el cargo de jardinero jefe del Jardín Botánico madrileño y el segundo ocupó el puesto de jardinero jefe del Palacio Real de Aranjuez. Ambos escribieron tratados sobre cultivo de flores, fruto de sus experiencias en los jardines que permanecieron a su cargo[108].

[108] C. BOUTELOU, 1804, 1803, C. y E. BOUTELOU, 1801. Como en casi todas las materias, también aquí se tradujeron obras publicadas previamente en lengua francesa: J. ORGUIRI, 1735.

VI

Miscelánea y conclusiones

La expansión del **comercio interior** fue facilitada por las medidas legales liberalizadoras que se adoptan a partir de 1750, de las que la supresión de la tasa en 1765 fue un hito, mientras que en el exterior fue el colonial, en el que la Corona desarrolló grandes esfuerzos para recuperar para los comerciantes españoles la parte más importante de los intercambios, el que cosechó mayores éxitos. El incremento de la importancia de los intercambios interiores y exteriores y la mayor complejidad de éstos produjo también una abundante literatura en forma de manuales para comerciantes y de técnicas auxiliares, como las de cambio de monedas, de equivalencia de pesos y medidas o de contabilidad[109].

El desarrollo del comercio interior tropezó con un grave talón de Aquiles: la infraestructura de transportes. El incremento de los tráficos comerciales demandará progresivamente transportes cada vez más eficientes y a ello se dedica la monarquía ilustrada en la segunda mitad del XVIII. **Charles Le Maur**, ingeniero francés, trabajó en España como director de la construcción de diversas carreteras y del canal de Campos, y publicó un proyecto para la apertura de un conjunto de canales que hicieran accesible el centro desde las costas por medio de la navegación[110]. Sólo unos pocos de los canales imaginados se llevaron a cabo, entre ellos el Imperial de Aragón; **Luis Chimioni** fue ingeniero director de las obras del Canal Imperial y el de Tauste y escribió unas *Memorias de arquitectura hidráulica*[111]. La red de carreteras experimentó por su parte una notable mejora y el incremento de la movilidad a través de ella provocada por el comercio hizo imprescindible la publicación de rutas e itinerarios, con indicación de ventas y postas[112]. Se desarrolla también la comunicación a través del correo, sobre todo en la relación con América, con la que se pretende entablar un más estrecho contacto y se publican itinerarios de distribución de los envíos[113].

La intensa relación con el extranjero hace preciso aprender y practicar otras lenguas, especialmente el francés, la lengua franca de la época. Ésta es la razón de que se multipliquen los métodos de aprendizaje y traducción de lenguas, muy demandados

---

109 Aunque no es objeto específico de este panorama, a título de ejemplo, de entre las numerosas obras publicadas sobre actividades comerciales: C. BERNALDO DE QUIRÓS, 1740; I. BES Y LABET, 1775 y 1768; J. de ITURBURU,1805; F. J. GARCÍA, 1731; T. MEDRANO, 1760; M. GONZÁLEZ DE LA TORRE, 1774; B. J. DANVILA Y VILLARRASA, 1779.

110 Ch. LE MAUR, 1812.

111 L. CHIMIONI, 1781; M. HERMOSILLA, 1804; M. FERNÁNDEZ DE CÓRDOBA, marqués de Aguilar, 1794 y 1796.

112 T. M. FERNÁNDEZ DE MESA, 1755-56; J. I. de QUINTANA, 1753.

113 A. A. HENRY VEIRA, 1807.

por comerciantes y minorías cultas[114]. Igualmente, aparece la necesidad de desarrollar formas especiales de comunicación, como los sistemas rápidos de transcripción de escritura o los métodos de lenguaje para sordomudos, para los que se dan a conocer procedimientos surgidos en el extranjero y adaptados al castellano. El abate Alea, director del Real Colegio de Sordomudos de Madrid, se interesó tanto por el arte de la traducción como por el de la enseñanza a deficientes y editó monografías en torno a

Número de publicaciones de carácter técnico en el siglo XVIII[115]

Cuadro 1
Publicaciones aparecidas por quinquenio, 1695-1805

Quinquenio	Número de publicaciones	Quinquenio	Número de publicaciones
1695-1700	1	1750-1755	5
1700-1705	1	1755-1760	7
1705-1710	0	1760-1765	11
1710-1715	1	1765-1770	5
1715-1720	2	1770-1775	14
1720-1725	4	1775-1780	15
1725-1730	0	1780-1785	21
1730-1735	3	1785-1790	50
1735-1740	6	1790-1795	21
1740-1745	4	1795-1800	22
1745-1750	2	1800-1805	29

Cuadro 2
Publicaciones aparecidas por sector económico, 1695-1805

Sector económico	Número de publicaciones
Agricultura	104
Ganadería y recursos pesqueros	27
Aprovechamientos energéticos, minería y metalurgia	34
Industrias varias, del sector textil a los instrumentos	53
Urbanismo, construcción, obras públicas	23
Otros	20

[114] M. I. F. de BOYER, 1799; A. GALMACE, 1748; D. DARSENI, 1793; J. GONZÁLEZ, 1799.

[115] No se incluyen las publicaciones periódicas como tales. Sí artículos concretos aparecidos en ellas.

ambas destrezas[116]. Pionero en el mundo en la enseñanza de lenguajes a sordomudos fue Juan Pablo Bonet, que escribió una *Reducción de las letras y arte para enseñar a hablar a los mudos*[117].

A lo largo de las páginas precedentes se ha visto una selección de obras aparecidas como respuesta a la demanda de un amplio abanico de actividades profesionales. Es evidente que tal selección no tiene la mínima pretensión de exhaustividad, pero de ella se pueden extraer al menos dos conclusiones de ámbito general: la gran concentración de la mayoría de las ediciones en el último cuarto de siglo, ápice de la Ilustración hispana, y el papel determinante que en esta clase de publicaciones tuvo la iniciativa de las sociedades económicas. La intensidad de su difusión y la incidencia que tuvieran en el cambio técnico no son ya objeto de este estudio.

BIBLIOGRAFÍA

Obras de la época

Agricultura metódica, acomodada a la práctica del país, Madrid, Benito Cano, 1791.

AGUILERA Y AGUILERA, A.: «Carta sobre las orugas», *Semanario de Agricultura,* 1803, p. 401.

AGUIRRE, M. I. de: *Propiedades y uso de la marga, el mejor abono que se conoce para los campos,* San Sebastián, Lorenzo Joseph Riesgo, 1767.

ALCALÁ GALIANO, V.: *La meteorología aplicada a la agricultura. Memoria premiada por la Real Sociedad de las Ciencias de Montpellier, escrita por el Abate D. José Toaldo, prepósito de la Santísima Trinidad en Padua. Traducida e ilustrada con varias notas por –,* Segovia, A. Espinosa, 1786.

—*Preservativo seguro de la enfermedad del trigo llamado comúnmente niebla o tizón. Por el capitán D. Vicente Alcalá Galiano, de orden de la Real Sociedad Económica de los Amigos del País de la provincia de Segovia,* Segovia, A. Espinosa, 1786.

ALEA ABADÍA J. M.: «De la necesidad de estudiar los principios del lenguaje, expuestos en una gramática general y aplicados a la lengua materna», *Variedades de Ciencias, Literatura y Artes*, I, 1803, n.º 4, pp. 238-243.

—«De los sordomudos de nacimiento; estado actual del arte de enseñarlos», *Variedades de Ciencias, Literatura y Artes*, II, 1804, n.º 7, pp. 42-53, n.º 22, pp. 219-235; y V, 1805, n.º 5, pp. 278-294.

[116] J. M. ALEA ABADÍA, 1803 y 1804; F.de Paula MARTÍ tradujo y adaptó el procedimiento de taquigrafía de Taylor y publicó un método de escribir en cifra, 1800; editó además, 1803 y 1808, sobre taquigrafía y poligrafía, respectivamente. El conocido erudito jesuita Lorenzo HERVÁS Y PANDURO vio editada en 1795 una *Escuela española de sordomudos,* 1795.

[117] J. P. BONET: *Reducción de las letras y arte para enseñar a hablar a los mudos,* Madrid, 1992.

Almanaque mercantil y guía de comerciantes, Madrid. Apareció en 1796 y se publicó anualmente hasta entrado el siglo XIX.

ALONSO DE MIRANDA, Nicolás: «Sobre la poda de las viñas y aprovechamiento de su pámpana y hoja», en *Actas y Memorias de la Real Sociedad Económica de los Amigos del País de Segovia,* vol. I, pp. 199-222.

ALONSO DE SALANOVA Y GUILARTE, P.: *Estática del ayre y náutica de la atmósfera o disertación físico-matemática sobre el origen, la invención, historia, fábrica, disposición, dirección, utilidades y perjuicios de las máquinas o globos aerostáticos,* Madrid, Sancha, 1792.

ALVALAT, Barón de: «Memoria del barón de Alvalat sobre el cultivo del cáñamo en Valencia», en *Memorias de la Sociedad Económica Madrileña,* Madrid, I, 1780, pp. 110-134.

ÁLVAREZ, F.: *Breve tratado de relojes solares y arquitectura,* Madrid, L. F. Mojados, 1727.

ÁLVAREZ GUERRA, J.: «De los abonos», *Variedades de Ciencia, Literatura y Artes,* I, 1803, n.º 4, pp. 212-226.

—«De los estanques para peces», *Variedades de Ciencias, Literatura y Artes,* VIII, 1805, n.º 23, pp. 283-287.

—«Sobre el arte de curtir las pieles», *Variedades de Ciencias, Literatura y Artes,* IV, 1804, n.º 23, pp. 273-286.

AMARILLAS, Marqués de las: *Discurso sobre la decadencia de la agricultura y artes en esta ciudad y su provincia,* Sevilla, Hidalgo, 1797.

ANZANO, T.: *Ensayo sobre la policía general de los granos, sobre sus precios y sobre los efectos de la agricultura. Obra anónima traducida del francés al castellano. Observaciones sobre ella y análisis del comercio del trigo,* Madrid, Antonio Espinosa, 1795.

AOIZ, M. J. de: *Tratado del cultivo de las tierras según los principios de Mons. Tull, inglés. Compuesto en francés por Mons. Duhamel de Monceau, de la Academia Real de las Ciencias, de la Sociedad Real de Londres, inspector de la Marina en todos los puertos y bahías de Francia,* Madrid, Imp. del Mercurio, 1751.

ARDEMANS, T.: *Fluencias de la tierra y curso subterráneo de las aguas,* Madrid, Francisco del Hierro, 1724.

—*Declaración y extensión sobre las Ordenanzas que escribió Juan de Torija, aparejador de Obras Reales y de las que se practican en las ciudades de Toledo y Sevilla, con algunas advertencias a los alarifes y particulares y otros capítulos añadidos a la perfecta inteligencia de la materia, que todo se cifra en el gobierno político de las fábricas,* Madrid, Fco. del Hierro, 1719.

ARIAS, S. de: *Lecciones de agricultura explicadas en la Cátedra del Real Jardín Botánico de Madrid el año 1815,* Madrid, Fuentenebro, 1816.

—*Cartilla elemental de Agricultura, acomodada a nuestro suelo y clima,* Madrid, Fuentenebro, 1808.

ARTETA DE MONTESEGURO, A.: *Lecciones breves y sencillas sobre el modo de hacer el vino,* Zaragoza, B. Miedes, 1786.

ASSO, I. Jordán de: *Historia de la Economía Política de Aragón,* Zaragoza, Francisco Magallón, 1798.

—*Discurso sobre la langosta y medios de exterminarla,* s.l., 1785. [Ed. alemana, de 1786.]

—*Extracto de la obra que sobre el cultivo del lino sacó a luz Juan Seiferth en Dresde el año de 1780,* Zaragoza, Blas Miedes, 1788.

—*Relación de los experimentos de Agricultura hechos en Zaragoza en el año de 1797, acerca del cultivo y rendimiento en pan de diferentes especies de trigo, por D. —, director nombrado por S. M. para las Reales Escuelas de Química y Botánica establecidas por la Real Sociedad Aragonesa,* Zaragoza, Mariano Miedes, 1797.

—*Relación de los experimentos de Agricultura hechos en Zaragoza en el año 1798 acerca del cultivo de diferentes especies de trigo. Por D. —, Director nombrado por S. M. para las Reales escuelas de Química y Botánica establecidas por la Real Sociedad Aragonesa,* Zaragoza, Mariano Miedes, 1798.

BALLESTEROS Y LAZCANO, F. A.: *Destierro de errores comunes proferidos contra el noble arte de manejar y criar caballos, por la general ignorancia,* Madrid, Impr. de la Santa Cruzada, 1762.

BANDINI GATTI, J. B.: *Lecciones elementales de agricultura teórica, práctica y económica, que para la enseñanza de sus discípulos en las Islas Canarias ha coordinado D. —*, La Laguna, M. A. Bazzanti, 1816.

BARBA, Á. A.: *Arte de los metales,* nuevamente editada en Madrid en 1729, 1768, 1770 y 1811.

BERNAD, F. P.: *Arte de andar a caballo, dividido en tres partes. La primera contiene las reglas y méthodo de poner al cavallero discípulo a cavallo, con la enseñanza que necesita para saberlo mandar en todos los manejos, puesto en diálogo. La segunda, el méthodo de criar y enseñar el potro hasta el estado de perfección, con las reglas más esenciales para embridar los cavallos. La tercera, el méthodo de manejar la cuerda, con todas las operaciones que se deben hacer con ella, el efecto que causan, assí para la crianza de los potros, como para los resabios o defensas que se hallan en los cavallos,* Madrid, Vda. de J. Orga, 1757.

BERNALDO DE QUIRÓS, C.: *Tabla demostrativa de diferentes sumas y cuentas, hechas para lo mercantil, principalmente para la seda,* Valencia, A. Batle, 1740.

BES Y LABET, I.: *Manual de comerciantes. Tratado utilísimo para los Banqueros, Mercaderes y demás personas que negocian, libran o toman letras de cambio para Holanda, Francia, Inglaterra y Génova, con explicación de las monedas efectivas e imaginarias de estos Reynos de España,* Madrid, J. Ibarra, 1775.

—*Tratado útil y provechoso para los comerciantes y demás personas que quieren saber la reducción de cambios de las libras tornesas, sueldos y dineros, moneda imaginaria de Francia a reales de vellón, moneda efectiva de estos reinos de España,* Madrid, G. Ramírez, 1768.

BETANCOURT, A. de: *Memorias de las reales minas de Almadén,* ed. de I. GONZÁLEZ TASCÓN y J. FERNÁNDEZ PÉREZ, Madrid, 1990.

BLASCO NEGRILLO, J.: «Método para hacer diferentes argamasas, mezclas...», *Variedades de Ciencias, Literatura y Artes,* VI, 1805, n.º 8, pp. 97-109.

BONET, J. P.: *Reducción de las letras y arte para enseñar a hablar a los mudos,* Madrid, 1992.

BOUTELOU, C.: *Elementos de Agricultura*, Madrid, F. M. Dávila, 1817.

—*Discurso acerca del origen y progresos de la agricultura, de sus ventajas y de la necesidad de su enseñanza,* Alicante, Nicolás Carratalá e Hijos, 1816.

—«Sobre un trillo de nueva invención», *Seminario de Agricultura y Artes,* 1806, vol. XIX, pp. 273-307.

—*Tratado del injerto, en que se explica todo lo correspondiente al arte de injertar,* Madrid, F. Suárez Dávila, 1817.

—*Tratado de la huerta o método de cultivar toda clase de hortalizas*, Madrid, Villalpando, 1801.

—«Discurso sobre la planta llamada colsat», en *Extractos de las Juntas Generales celebradas por la Real Sociedad Bascongada de Amigos del País,* Vitoria, 1773, pp. 38-40.

—«Ensayos que, para la aclimatación y cultivo del arroz nombrado de secano se han practicado en el Vergel de las Delicias de esta ciudad», *Diario de Comercio,* Sevilla, 1831.

—*Memoria sobre el cultivo de la vid en Sanlúcar de Barrameda,* Madrid, Villalpando, 1807.

—«Idea de la práctica enológica de Sanlúcar de Barrameda», *Semanario de Agricultura,* 23, 1808, p. 3.

—*Tratado de las flores en que se especifica el método de cultivar las que viven para adorno de los jardines,* Madrid, Impr. de Villalpando, 1804.

—«De una especie nueva de jacinto», *Anales de Ciencias Naturales,* 4, 1801, pp. 263-284.

—y BOUTELOU, E.: «Razón de las especies más raras de árboles y de arbustos que se cultivan al ayre libre en los jardines de Aranjuez y el método de propagarlas», *Anales de Ciencias Naturales*, 4, 1801, pp. 263-284.

BOWLES, W.: *Introducción a la historia natural y a la geografía física de España,* Madrid, Francisco Manuel de Mena, 1775 (ed. francesa de 1776 e italiana de 1783).

—*Historia natural de la langosta de España y modo de destruirla,* Madrid, M. de Burgos, 1825.

BOYER, M. I. F. de: *Método facilísimo para leer y hablar francés sin socorro de maestro*, Barcelona, A. Sastres, 1799.

CAAMAÑO Y PARDO, J. J., conde de Maceda: *Representación a la Junta de Diputados de la Real Sociedad Cantábrica por su socio D. —, sobre el estado de las pesquerías*

nacionales, causas de su decadencia y medios de restablecerlas, Madrid, Vda. de Joaquín Ibarra, 1797.

CALDERÓN DE LA BARCA, J. M.: *Elementos de Agricultura,* Madrid, Imprenta Real, 1795.

CALVO Y JULIÁN, V.: *Discursos político, rústico y legal sobre las labores, ganados y plantíos,* Madrid, Vda. de Marín, 1770.

CAMPOMANES, Conde de: *Respuesta fiscal sobre abolir la tasa y establecer el comercio de granos,* Madrid, Sancha, 1764.

—*Discurso sobre el fomento de la industria popular,* Madrid, Sancha, 1774.

CAMPUZANO, F.: *Elementos de Mineralogía. Escritos en inglés por Mr. Kirwan. Traducidos al francés por Mr. Gibelin y de éste al idioma español por —. Impresos de orden de S. M. para la enseñanza pública,* Madrid, P. B. López, 1789.

CANALS Y MARTÍ, J. P.: «Extracto de una carta anónima dirigida a la Real Sociedad sobre la marga y su fertilidad, experimentada en Noveleta, cerca de Pamplona», en *Memorias de la Sociedad Económica Matritense*, vol. III, 1787, pp. 59-64.

—«Memoria sobre los prados artificiales», en *Memorias de la Sociedad Económica Matritense,* Madrid, vol. III, 1787.

—*Colección de lo perteneciente al ramo de la Rubia o Granza en España, en que se contienen varias cédulas reales, ordenanzas, memorias e instrucciones relativas a la perfección, fomento y arreglo del cultivo, beneficio y comercio de esta planta, con los destinos antiguos y modernos en la tintura, a más de otras ventajas que trae a la agricultura, a las fábricas y a la industria,* Madrid, Blas Román, 1779.

—*Relación formada de orden de la Real Junta General de Comercio y Moneda, por D. J. P. Canals Martí, Inspector General del ramo de la Rubia o Granza, en que se explican las señas de la rubia de España en raíz o graneada, las de la granza molida o en polvo, así fina como común y las de la granza adulterada para que los administradores de aduanas establecidos en todos los puertos de mar y salidas de la frontera de tierra no permitan su extracción siendo mezclada o adulterada,* Barcelona, s.i., s.a. [¿1782?].

—«Memoria encargada al señor D. J. P. Canals y Martí, barón de Vallroja sobre el cultivo de las simientes del colsat y nabo silvestre, de que se hace aceite en abundancia», en *Memorias de la Sociedad Económica Matritense,* vol. III, 1787.

—*Noticia que de orden de la Real Junta de Comercio da al público D. J. P. Canals de los varios experimentos executados por maestros tintoreros de dentro y fuera de Madrid, con el nuevo ingrediente llamado "dividivi", fruto de la provincia de Caracas y Maracaybo, que suple con ventajas por la agalla de Alepo en los tintes negros y otros colores y matices que se dan a las lanas, sedas, hilos y algodones,* s.l., s.i., s.a. [1768 según Aguilar Piñal].

—*Memoria sobre la púrpura de los antiguos, restaurada en España, que de orden de la Real Junta General de Comercio y Moneda se dan al público, en que trata de su hallazgo, antigüedad, progreso, estimación, decadencia y olvido del modo como puede restablecerse y aprovecharse en las costas de la Península y demás domi-*

nios de S. M. por medio de varias conchas, granos y gusanos de mar que la suministran y de los ingredientes españoles que pueden facilitarla en la lana, seda, algodón de vicuña, lino, esparto y otros vegetables. Todo para mayor adelantamiento y perfección de la tintura e incremento de las fábricas, comercio y pesca (sin otras ventajas a favor de la pintura) según experimentos que han efectuado facultativos por disposición de su autor, Madrid, Vda. de Eliseo Sánchez, 1769.

CANALS Y MARTÍ, J. P.: *Memorias que de orden de la Real Junta General de Comercio y Moneda se dan al Público: sobre el albayalde, sal de Saturno, Genuli, Minio y Lithargirio; preparaciones e ingredientes de mucho uso en varias Artes y Manufacturas y que por medio de algunas operaciones chymicas se sacan del plomo. Escribiólas según las mejores obras de las Academias de Europa para la común utilidad*, Madrid, Vda. de Eliseo Sánchez, 1769

CANTELLI, G.: *Tratado de barnizes y charoles, en que se da el modo de componer uno perfectamente parecido al de la China y muchos otros que sirven a la pintura, al dorar y abrir, con otras curiosidades...,* Valencia, Estevan Dolz, 1735, y Pamplona, Hros. de Martínez, 1755.

CAPMANY, A. de: *Discurso económico-político en defensa del trabajo mecánico de los menestrales y de la influencia de sus gremios en las costumbres populares, conservación de las artes y honor de los artesanos*, Madrid, Sancha, 1778.

CARBALLO, D.: *Observaciones sobre la historia natural, geografía, agricultura, población y frutos del Reino de Valencia,* Madrid, Imprenta Real, 1795.

CÁRDENAS, S. de: *Instrucción y méthodo nuevo de labrar las tierras por medio de una máquina con quatro arados y una yunta de bueyes. Construida por Don —,* Madrid, J. Doblado, 1775. [Reimpresión, Librería París, Valencia, 1993.]

CASTELNOU, J.: *Memoria sobre la preferencia que por su calidad se debe dar al buey respecto de la mula para la labranza. En la qual se discurre sobre los obstáculos que tiene la Agricultura en esta parte; sobre la ligereza natural de los bueyes; sobre las causas físicas de hacerse perezoso; sobre ser susceptibles de educación y necesidad de ésta para lograr en ellos toda la ligereza que necesitamos para nuestros usos,* Madrid, J. Herrera, 1787.

CEPEDA Y VIVERO, J. A.: *Agricultura metódica, acomodada a la práctica del país, con varias noticias acerca de la naturaleza, propagación y extinción de la langosta,* Madrid, B. Cano, 1791.

CERELLA Y COAGA, M.: *Tratado general y matemático de Reloxería, que comprende el modo de hacer reloxes de todas clases y el de saberlos componer y arreglar por difíciles que sean. Acompañado de los elementos necesarios para ella, como son Aritmética, Geometría, Gnomónica, Astronomía, Geografía, Física, Maquinaria, Música y Dibuxo, precisos para poseer a fondo el noble arte de la reloxería*, Madrid, Impr. Real, 1789.

CHABANEAU, F.: «Resumen de las propiedades del platino y usos que de él pueden hacerse», en *Memorias de la Real Academia Médica de Madrid,* Madrid, 1797, pp. 183-188.

CHIMIONI, L.: *Memorias de aquitectura hidráulica,* Zaragoza, Luis de Cueto, 1781.

CISTUÉ, B.: *Memoria sobre el blanqueo de lienzos por medio del vapor alcalino y del ácido muriático oxigenado, que con arreglo a los tratados modernos de esta materia y principalmente al ensayo de O'Reilly, formó de orden de la Real Sociedad Aragonesa uno de sus individuos,* Zaragoza, M. Miedes, 1803.

CLEMENTE Y RUBIO, S.: *Memoria sobre el cultivo y cosecha del algodón en general y con aplicación a España, particularmente a Motril*, Madrid, Impr. Real, 1818.

COMES, J.: *Memoria sobre el carbón de piedra, para persuadir y facilitar su uso en Cataluña,* Barcelona, Impr. Suriá y Burgada, 1786.

CÓNSUL JOVE Y TINEO, F.: *Memoria premiada sobre el conocimiento de las tierras y métodos de cultivarlas, adaptado al clima y circunstancias de Galicia y Asturias,* Santiago de Compostela, Santiago Aguayo, 1786.

—*Ensayo sobre la hidráulica rústica, obra que enseña a descubrir, conocer, mejorar, conducir y elevar las aguas a los terrenos más altos por medio de canales y máquinas que construirá el menos experto bajo las reglas de física particular que en ella se establecen para las artes y oficios...,* Santiago, Ignacio Aguayo, 1788.

—*Memoria físico-económica sobre el mejoramiento de los lienzos en Galicia por todos los medios conocidos,* Madrid, B. Cano, 1794.

CORDERO, Agustín: «Memoria sobre el nuevo método de sembrar el trigo en bandas», en *Memorias de la Sociedad Económica Matritense*, Madrid, I, 1780, pp. 53-64.

CORDERO, J.: «Descripción del arado inglés», en *Memorias de la Sociedad Económica Matritense,* vol. III, 1787, pp. 93-96.

—«Memoria sobre el trillo de Lucas Vélez», en *Memorias de la Sociedad Económica de Amigos del País de Madrid*, vol. I, 1780, pp. 48-51.

CORNIDE Y SAAVEDRA, J.: *Memoria sobre la pesca de sardinas en las costas de Galicia,* Madrid, Ibarra, 1774.

—*Ensayo de una historia de los peces y otras producciones marinas de las costas de Galicia [...] con un tratado de las diversas pescas y de las redes y aparejos con que se practica,* Madrid, Cano, 1788.

—*Origen, progresos y decadencia de la pesca en Galicia,* manuscrito no publicado.

—«Memoria sobre el descubrimiento de una mina de carbón de piedra en las Puentes de García Rodríguez», en *Extracto de los mejores diarios literarios que se publican en Europa,* 243 (julio de 1790), pp. 279-305.

CORONADO, J.: «Real Sociedad Patriótica de Vélez-Málaga. Extracto de algunas noticias comunicadas a esta Sociedad acerca de la mina de carbón de Arenas», *Memorial Literario, Instructivo y Curioso de la Corte de Madrid,* XX, agosto de 1790, pp. 519-532.

Correo General de España y noticias importantes de Agricultura, Artes, Manufacturas, Comercio, Industria y Ciencias que, con la generosa protección de la Real Junta de Comercio da al público D. F. M. Nifo y Cagigal, Madrid. El primer número apareció en 1770.

Correo General, histórico, literario y económico de la Europa (en continuación de la Estafeta de Londres), donde se contienen memorias útiles sobre las ciencias, agricultura, artes y comercio de Francia, Holanda, Alemania, Italia y demás reinos y provincias europeas que saben sacar su felicidad de una prudente y bien dirigida economía pública. También, y por ser más necesaria, se darán las noticias recientes, regulares o imprevenidas que sobre todo lo expresado y de la Historia natural, literaria o industriosa ofreciesen los Reinos y Provincias de España, Madrid. Publicación semanal que comenzó en enero y finalizó en noviembre de 1763.

Correo literario de la Europa, en el que se da noticia de los libros nuevos, de las invenciones y adelantamientos hechos en Francia y otros Reynos estrangeros, pertenecientes a las Ciencias, Agricultura, Comercio, Artes y Oficios, publicados en París desde el mes de noviembre de 1780, Madrid. Apareció en 1781 y salió todos los jueves hasta un total de 62 números. Reapareció en 1786 y desapareció en 1787.

Correo Mercantil de España y de sus Indias, Madrid. Bisemanal y activo entre 1792 y 1794.

DABOUT, P.: «El arte de la platería», en *Memorias de la Sociedad Económica,* Madrid, IV, 1787, pp. 1-195.

DALMASES Y CAMPS, D.: *El ganado contemplado por la economía civil,* Cervera, Impr. de la R. y P. Universidad, 1786.

DANVILA Y VILLARRASA, B. J.: *Lecciones de Economía civil o de el comercio, escritas para uso de los Caballeros del Real Seminario de Nobles,* Madrid, J. Ibarra, 1779.

DARSENI, D.: *El italiano en Barcelona o sean cartas de correspondencia mercantil, dispuestas en español, italiano y francés*, Barcelona, J. Serra, 1793.

Diario estrangero. Noticias importantes y gustosas para los verdaderos apasionados de artes y ciencias que ofrecen en el día los reinos civilizados de Europa. Añadidos muchos secretos para las artes, agricultura y mecánica aprovechadora, Madrid. Apareció a lo largo de 22 números a partir de 1763.

DÍAZ DE VALDÉS, P.: «Ventajas de que los párrocos promuevan la agricultura y la industria», en *Extractos de las Juntas Generales celebradas por la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País,* Vitoria, 1793.

—«Real Sociedad Bascongada. Noticia de la memoria sobre las felicidades físicas y morales que los Curas pueden procurar a los pueblos y sobre los medios con que se proporcionarán para causar el bien común en todos ellos», *Memorial Literario,* junio 1794, pp. 321-330.

DÍAZ INFANTE, J.: *Pirometalia absoluta o arte de fundidores,* Palma de Mallorca, Miguel Cerdá, 1740.

Discursos Mercuriales, Memorias sobre la agricultura, marina, comercio y artes liberales y mecánicas, Madrid, varias imprentas, 1755-56.

DOYLE, E.: *Instrucción formada de orden del Consejo por D. —para el cultivo y uso de las patatas*, Madrid, Antonio de Sancha, 1785.

—«Instrucción sobre el cultivo, uso y utilidades de las patatas», en *Extractos de las Juntas Generales celebradas por la Real Sociedad Bascongada,* Vitoria, 1787.

DOYLE, E.: *Tratado sobre el cultivo, uso y utilidades de las patatas o papas, e Instrucción para su mejor propagación,* Madrid, Impr. Real, 1799.

—*Tratado sobre la cría y propagación de pastos y ganados,* Madrid, Impr. Real, 1799.

ECHEANDÍA Y JIMÉNEZ, G.: *Memoria sobre el maní de los americanos, cacahuete de los españoles y Arachis Hypogaca de Linneo,* Zaragoza, M. Miedes, 1800.

ECHEVARRÍA, J. I.: *Geometría práctica, necesaria a los peritos agrimensores y su examen,* San Sebastián, L. J. Riego, 1758.

EGAÑA, B. A. de: *Continuación de la memoria que sobre las fábricas de anclas, de palanquetas, de baterías de fierro, la Fandería y otros establecimientos de la provincia de Guipúzcoa, dio a luz D. Juan Antonio Enríquez, del Consejo de S. M.,* Tolosa, Francisco de la Lama, 1788.

ELGUETA VIGIL, A.: *Cartilla de agricultura de moreras y arte para la cría de la seda,* Madrid, Gabriel Ramírez, 1761.

ELHUYAR, F. de: *Disertación sobre la platina,* s.l., s.a.

—«Carta sobre el nuevo método de beneficiar los metales preciosos por amalgamación a D. Casimiro Gómez Ortega», *Memorial Literario,* XI, 1787, pp. 64-66.

—*Memoria sobre el influjo de la minería en la agricultura, industria, población y civilización de la Nueva España en sus diferentes épocas,* Madrid, 1825.

—«Estado de las minas de Somorrostro», en *Extractos de las Juntas de la Sociedad Bascongada de Amigos del País,* Vitoria, 1783, pp. 97-113.

—«Minas de cobre y diferentes modos de trabajar el hierro», en *Extractos de las Juntas de la Sociedad Bascongada de Amigos del País,* Vitoria, 1788, pp. 69-86 y 86-91.

—y ELHUYAR, J. J. de: *Análisis química del wolfram y examen de un nuevo metal que entra en su composición,* Vitoria, Marcos de Robles y Revilla, s.a.

ENGUERA Y ORTEGA, P. de: *Breve tratado de reloxes solares,* Zaragoza, Hros. de Dormer, 1698.

—*Breve tratado de reloxes solares solares, en el qual con facilidad se hallará la práctica de los reloxes orizontales y verticales, sin declinación y con ella,* Madrid, Ángel Pasqual, 1723.

ENGUITA, I.: *Nueva instrucción para colmeneros,* Zaragoza, E. de Ara, 1788.

ESPINÓS, F. A.: *Diálogo de la Relogería o instrucción fácil para gobernar qualquiera i tener siempre arreglado a la igualdad del tiempo su relox de péndula i bolsillo,* Valencia, Miguel Estevan, 1802.

Espíritu de los mejores diarios literarios que se publican en Europa. Dedicado a los literatos y curiosos de España. Que contiene las principales noticias que ocurren en las Ciencias, Artes, Literatura y Comercio, varias anécdotas curiosas, el anuncio de las obras que se publican, las invenciones que se hacen y los adelantamientos de las Ciencias, Madrid. Comenzó a publicarse en 1787, pero fue prohibido en 1791.

Estafeta de Londres. Obra periódica, repartida en diferentes cartas en las que se declara el proceder de la Inglaterra respecto a sus costumbres, industria, artes, lite-

ratura, comercio y marina, Madrid. Apareció en 1762 y se publicó durante quince semanas.

Extractos de las Juntas Generales celebradas por la Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País, Madrid, Sancha, 1772, y Vitoria, 1774-1787.

FERNÁNDEZ, A. G.: *Compendio de la Geometría elementar, especulativa y práctica. Forma de levantar y labar los planos y modo de hacer las tintas para su manejo,* Sevilla, Nicolás Vazquez, 1778.

FERNÁNDEZ, L.: *Disertación sobre la teórica y práctica del arte de fabricantes de medias, por la que se da razón de las sedas que son más propias y adequadas para estas manufacturas, con relación a los hilados, torcidos, tinte y demás operaciones que deben executarse para lograr su perfección,* Valencia, J. Estevan y Cervera, 1786.

—*Disertación que trata de las verdaderas causas que impiden la perfección de los buenos colores de las sedas y en su seguida los medios de superarlas en esta ciudad de Valencia,* Valencia, J. Esteban y Cervera, 1786.

—*Tratado instructivo y práctico sobre el arte de la tintura [...] para tintar sedas, lanas, hilos, esparto, etc.*, Madrid, Blas Román, 1778.

FERNÁNDEZ DE CÓRDOBA, M., marqués de Aguilar: *Descripción del Canal Imperial de Aragón*, Zaragoza, Fco. Magallón, 1794.

—*Descripción de los Canales Imperial de Aragón i Tauste*, Zaragoza, Fco. Magallón, 1796.

FERNÁNDEZ DE MESA, T. M.: *Tratado legal y político de caminos públicos y possadas, dividido en dos partes, la una en que se habla de los caminos y la otra de las possadas y como anexo, de los correos y postas, assí públicas como privadas, donde se incluye el reglamento general de aquéllas,* Valencia, J. T. de Lucas, 1755-56.

FERNÁNDEZ MOLINILLO, F. D.: «Memoria sobre el cultivo del lino y cáñamo en secano», en *Memorias de la Sociedad Económica,* Madrid, I, 1780, pp. 68-98.

FERNÁNDEZ VALLEJO, M.: *Cosecha de la seda en la costa de Cantabria,* Madrid, Marín, 1797.

FERNÁNDEZ VALLEJO, J. M.: *Nuevo uso del arado común para labores profundas,* Madrid, Repullés, 1806.

—*Prados artificiales. Primera empresa de la Real Sociedad Cantábrica. Discurso segundo que dirige a la primera Junta General de este campo patriótico su socio de mérito el Dr. D. —,* Madrid, Viuda e Hijo de Marín, 1797.

—*Combinación de naturaleza, industria y política para hacer feliz la Cantabria,* Madrid, Vda. de Marín, 1797.

FERRER, B.: *El curioso arquitecto o la cartilla A.B.C. de Arquitectura,* Madrid, 1716.

FILIPO, J. B.: «Memorias sobre el cultivo de moreras», en *Memorias de la Sociedad Económica Matritense,* Madrid, I, 1780, pp. 147-195.

FORONDA, V. de: *Disertación sobre la platina,* s.l., s.a. [1786].

FOS, J. M.: *Instrucción metódica sobre los mueres* [muarés] *con el epígrafe "Honos alit artes",* Madrid, Hros. Ibarra, 1790.

FRÍAS GONZÁLEZ, A. de: *Práctica de colmeneros,* Madrid, Benito Cano, 1787.

GALMACE, A.: *Llave nueva y universal para aprender con brevedad y perfección la leguna francesa sin auxilio de maestro*, Madrid, G. Ramírez, 1748 [alcanzó diez ediciones antes de fin de siglo].

GAMBOA, F. X.: *Comentarios a las ordenanzas de minas,* Madrid, Joaquín Ibarra, 1761. [Hay edición facsímil en México.]

GAMBORINO, M.: *Experiencias aerostáticas de Barcelona. ¿Qué falta para volar? Que cueste poco,* Barcelona, Francisco Suriá, 1784.

GARCÍA, F. J.: *Cotejo y balance de las pesas y medidas de varias naciones, reynos y provincias, comparadas y reducidas a las que corren en estos reynos de Castilla,* Madrid, 1731.

GARCÍA CABALLERO, J. J.: *Teórica y práctica de la arte de ensayar oro, plata y vellón rico. Danse reglas para ligar, religar, alear y reducir qualesquiera cantidades de oro y plata a la ley del Reino. Corrígense las reglas y tablas de Juan de Arphe y auméntanse otras nuevas para mayor claridad de los que quieran aprender esta facultad,* Madrid, A. Fernández, 1713.

GARCÍA CABRICANO, M.: *Noticia y memoria de todo lo perteneciente a cavalleriza, importante para las personas que se emplean en ella, en que se refieren los nombres y vocablos de un coche, guarniciones y demás cosas. La obligación de un cavallerizo,* Madrid, 1746.

GARCÍA HERNÁNDEZ, D.: *Observaciones sobre el influxo de la luz solar, especialmente en la purificación del ácido nítrico para que las aguas fuertes de los ensayos de oro no sean puras,* Madrid, Impr. Real, 1795.

GARCÍA DE LA HUERTA, L.: *Discurso físico-anatómico sobre las plantas, dirigido a los agricultores y presentado a la Real Sociedad Económica de Amigos del País de Segovia,* Segovia, A. Espinosa, 1790.

GARCÍA NAVARRO, C.: *Resumen del modo de cultivar las moreras y de criar los gusanos de seda,* Madrid, Impr. Real, 1786.

GARCÍA VERRUGUILLA, J.: *Verdadera práctica de las resoluciones de la Geometría, sobre las tres dimensiones para un perfecto arquitecto con una total resolución para medir y dividir la planimetría para los agrimensores,* Madrid, F. L. Mojados, 1747.

GARZA, F. de la y LARRAÑAGA, D. de: «Observaciones y experimentos sobre el beneficio de las minas de plata por medio de la amalgamación», *Anales de Ciencias Naturales,* n.º 3, 1801, pp. 84-100.

GENERÉS, M. D.: *Reflexiones políticas y económicas sobre la población, agricultura, artes, fábricas y comercio del Reino de Aragón,* Madrid, Vda. de Marín, 1797.

GIJÓN Y LEÓN, M.: «Memoria sobre el uso del termómetro para la cría de los gusanos de seda», en *Memorias de la Sociedad Económica,* Madrid, I, 1780, pp. 102-104.

—«Memoria sobre los hilados de algodón», en *Memorias de la Sociedad Económica,* Madrid, II, 1780, pp. 78-86.

GÓMEZ ORTEGA, C.: *Compendio del tratado del célebre Duhamel de Monceau sobre siembras y plantíos de árboles y de su cultivo,* Madrid, s.i., 1805.

—*Memorias sobre la granza o rubia y su cultivo, con la descripción de los molinos para reducirla a polvo, por Mr. Du Hamel de Monceau [...] traducidas del francés de orden de la Real Junta General de Comercio,* Madrid, J. Ibarra, 1763.

—*Tratado de las siembras y plantíos de árboles y de su cultivo. Escrito en francés por [...] Mr. Duhamel du Monceau y traducido al castellano con varias notas por D. —,* Madrid, J. Ibarra, 1773.

—*Tratado del cuidado y aprovechamiento de los bosques, corta, poda, beneficio y uso de sus maderas y leñas,* Madrid, J. Ibarra, 1774.

—*Arte de ensayar oro y plata. Bosquejo o descripción comparativa de la copelación de las sustancias metálicas por medio del plomo o del bismuto y operaciones para sacar el oro más puro que por el método de la separación o apartado* [traducción del francés de la obra de Sage, *Arte de ensayar oro y plata*], Madrid, J. Ibarra, 1785.

GONZÁLEZ, J.: *Ensayo práctico de simplificar el estudio de las lenguas escritas, verificado sobre la inglesa para exemplo de las demás*, Madrid, 1799.

GONZÁLEZ DE LA TORRE, M.: *Instrucción para las cobranzas de letras de cambio y vales de comercio, con sus formularios, para saber quándo se perjudica el tenedor de letra si no la cobra y qué es más favorable, apuntarla o protestarla y remitirla a su dueño,* Valencia, F. Burguete, 1774.

GORRAIZ, V. F.: *Disertación o memoria sobre el fomento y progresos de la agricultura por medio de los abonos de las tierras,* Madrid, Impr. Real, 1785.

GRISELINI, Francesco: *Discursos sobre el problema de si corresponde a los párrocos y curas de las aldeas el instruir a los labradores en los buenos elementos de la economía campestre,* Zaragoza, Blas Miedes, 1789. Traducido del italiano por D.ª Josefa Amar y Borbón.

GRULLA, M.: *Arte de gobernar los reloxes por la equación del tiempo. Edición añadida y aumentada con la explicación de los círculos de la esfera y una breve descripción historial del sistema copernicano,* Madrid, Ramón Ruiz, 1792.

GUERRERO LUDEÑA, B.: *Arte de herrar cavallos,* Madrid, A. Valvas, 1735.

GUILIASTI, J. F.: «Informe sobre la aplicación del cok a las ferrerías», en *Extractos de la Sociedad Bascongada de los Amigos del País,* Vitoria, VII, 1776.

GUILLEMAN, A.: *Tablas perpetuas, absolutamente necesarias para poder arreglar perfectamente los reloxes de péndola real, de mesa, de faltriquera y de torre, tanto por el salir y poner del sol como por el punto de medio día. Calculadas con suma exactitud, en horas, minutos y segundos para la latitud y el meridiano de Pamplona, reyno de Navarra, Galicia, Guipúzcoa, etc.,* Pamplona, s.i., 1761.

GUTIÉRREZ BUENO, P.: *Arte de tintoreros de lanas,* Madrid, Villalpando, 1800.

—*Arte de tintoreros de algodón y lino,* Madrid, Villalpando, 1801. (I)

—*Arte de tintoreros de sedas,* Madrid, Villalpando, 1801. (II)

—*Manual del arte de vidriería para uso de los fabricantes de vidrio, cristales, piedras preciosas artificiales y esmaltes,* Madrid, Sancha, 1799.

—*Método práctico de estañar las vasijas de cocina y advertencias a los alfareros sobre los vidriados saludables conforme a la práctica del curso de Química,* Madrid, Villalpando, 1803.

—*Método de fabricar los ácidos minerales,* s.l., s.e., s.a.

—*Instrucción práctica para destilar las aguas fuertes y otros espíritus ácidos,* Madrid, Blas Román, 1787.

HENRY, P.: «Extracto de una memoria sobre el carbón mineral», *Memorial Literario, Instructivo y Curioso de la Corte de Madrid,* XXI, enero de 1790, pp. 28-42 y 96-104; febrero de 1790, pp. 187-196 y 258-265; marzo de 1790, pp. 369-374.

HENRY VEIRA, A. A.: *Dirección general de cartas de España a sus Indias, no sólo según el orden geográfico general, sino por el particular que rige en el ramo de Correos de unas administraciones a otras y Caxas de las Américas a que deben remitirse, como también a Canarias y Filipinas*, Madrid, Impr. Real, 1807.

HERMOSILLA, M.: *Dictamen sobre la necesidad y utilidad de la continuación del Canal de Manzanares hasta el Real Sitio de Aranjuez, la de la navegación del Tajo desde su nacimiento hasta el mismo Sitio y la del Guadiela hasta que se une con el Tajo, con un cálculo de las ventajas que esta navegación traería a la Corte y al Reyno, el coste de toda la obra y el modo más económico de hacerla*, Zaragoza, Miedes, 1804.

HERNÁNDEZ DE GREGORIO, M.: *Disertación sobre la planta de sésamo que se cultiva en Bolonia,* Madrid, Sancha, 1795.

HEROS FERNÁNDEZ, A. de los: «Discursos sobre el comercio: las utilidades, beneficios y opulencias que produce y los dignos objetos que ofrece para bien de la Patria [...] y que es compatible el comercio con la primera nobleza», *Semanario Erudito*, XXVI, 1775, pp. 145-280.

HERVÁS Y PANDURO, L.: *Escuela española de sordomudos*, o *arte para enseñarles a escribir y hablar el idioma español*, Madrid, Impr. Real, 1795.

HIJOSA, M.: *Compendio de la geometría práctica, con un breve tratado para medir terrenos, dividirlos y levantar planes arreglados a ellos,* Madrid, Impr. Real, 1784.

IBÁÑEZ LLANO Y VALDÉS, A. R.: «Discurso sobre la frecuencia de las inundaciones en España y necesidad de la repoblación de sus montes», *Memorial Literario,* nov. de 1788.

IMBILLE, L.: «Informe sobre la utilidad del torno de hilar con ambas manos a un tiempo, por los señores Imbille y Sarralde», en *Memorias de la Sociedad Económica de Madrid,* vol. III, 1787, pp. 204-206.

ITURBURU, J. de: *Nuevo método para las operaciones de cambios de España con las principales plazas extranjeras de comercio,* Madrid, J. Collado, 1805.

JOVELLANOS, G. M. de: *Informe de la Sociedad Económica de esta Corte al Real y Supremo Consejo de Castilla en el expediente de Ley Agraria, extendido por su*

individuo de número el Sr. D. Gaspar Melchor de Jovellanos, a nombre de la Junta encargada de su formación y con arreglo a sus opiniones, Madrid, Sancha, 1795.

JUGLÁ Y FONT, A.: *Memoria sobre la construcción y utilidad de los pararrayos, leída a la Real Academia de Ciencias Naturales y Artes de Barcelona en las Juntas Literarias de 10 de enero y 14 de marzo de 1778. Por su director de electricidad, magnetismo y otras atracciones,* Barcelona, Francisco Suriá y Burgada, 1788.

LABRADA, L.: *Descripción económica del reino de Galicia,* El Ferrol, José Riesgo Montero, 1804.

LACROIX Y VIDAL, J. de la: *Memoria en que se da noticia de varias minas de carbón de piedra en el reino de Valencia,* Valencia, Impr. Monfort, 1803.

LAFARGA, J. A.: *El gran tesoro escondido en las viñas hallado con la particular dirección de cultivo que se practica en Sicilia en las comarcas de Mazarino, por cuyo medio se logra un copiosísimo fruto y una larguísima duración de las vides*, Madrid, Sancha, 1783. [Traducción del italiano.]

LAIGLESIA Y DARRAC, F. de: *El nuevo Newcastle o Tratado nuevo de la escuela de a caballo,* Madrid, Sancha, 1801. [Traducción del francés.]

—*Ensayos sobre los verdaderos principios de la Equitación o teoría de la escuela de a caballo, adaptada al más exacto raciocinio y a las leyes que dictan la Geometría, la Anatomía y la Mecánica [...] para el uso de los caballeros educandos del Real Seminario de Nobles,* Madrid, Impr. Real, 1805.

LANES DUVAL, J.: *Arte de la cría del gusano de seda,* Madrid, Impr. Real, 1787.

LAPAYESE, J.: *Consideraciones sobre el hilado y torcido de la seda de la Real Sociedad Económica de Valencia,* Valencia, Hros. de Orga, 1794.

LARRAÑAGA, Diego de; GARZA, Francisco de la; EZPELETA, Alexandro Vicente y PERINGER, Juan Modesto: «Observaciones y experimentos sobre el beneficio de las minas de plata por medio de la amalgamación», *Anales de Historia Natural,* 3 (7), pp. 84-100, 1801.

LARRUGA Y BONETA, Eugenio: *Memorias políticas y económicas sobre los frutos, comercio, fábricas y minas de España,* Madrid, Antonio Espinosa y Benito Cano, 1787-1800.

LARUMBE, Fr. José María: *Epítome Christiano de Agricultura, según las instrucciones del Seminario y de las puras fuentes, de donde se derivan: Obra acomodable a las escuelas de niños y utilísima para los señores párrocos que quisieran tener la bondad de instruir a sus feligreses, uniendo el cultivo del campo, con las máximas sólidas de nuestra Santa Religión,* Pamplona, Impr. de Joaquín Domingo, 1800.

LEMAUR, Ch.: *Memoria presentada al Supremo Congreso Nacional en 19 de mayo de 1819. Proponiendo la formación del mapa geográfico de todo el Reyno, con el examen de la posibilidad de comunicar por medio de canales de navegación y de riego unas provincias con otras y con los mares Océano y Mediterráneo, indicando las ventajas que resultarían de éstos*, Algeciras, Juan Bautista Contilló, 1812.

LÓPEZ DE PEÑALVER, J.: *Descripción de las máquinas del Real Gabinete,* ed. de I. GONZÁLEZ TASCÓN y J. FERNÁNDEZ PÉREZ, Madrid, 1991.

MANZANARES, C.: *Disertación y descripción de una nueva máquina o volvedor que unido a la trilla común facilita el trillar las mieses con crecida utilidad de todos los labradores,* Madrid, J. Doblado, 1777.

MARECHAL, P.: *Arte de conservar y arreglar los reloxes de muestra para las personas que no tienen conocimiento alguno de la reloxería,* Madrid, F. X. García, 1767.

MARÍN CUBILLAS, L.: *Representación dirigida al Rey Nuestro Señor, en defensa de las pesquerías de barcas parejas con artes al Bon, por el gremio de pescadores de las dotaciones del Puerto de Santa María, Plaza de Cádiz, Isla de León y villa de Rota*, Madrid, Tomás Albán, 1806.

MARÍN Y MENDOZA, J.: «Nueva sembradera», en *Memorias de la Sociedad Económica Matritense de Amigos del País,* vol. I, Madrid, 1780.

MARTÍ, A.: *Empeño y desempeño español, ilustre defensorio que hace a su proyecto D. —, capitán de la Galeota, en qué endebles objeciones que contra él hacen los arquitectos D. Joseph Arze y D. Vicente Alonso Torralba. Vanquete explendido que en mesa de campaña a todo curioso y discreto combida, según la esquela de prólogo llama. En él verán lo fácil e infalible de la grandiosa fábrica que ofrece en la conducción del río Xarama a las cercanías de esta Corte: construcción de paseos, huertas y jardines, arboledas, recreos y fuentes: fábrica de batanes, molinos, martinetes y lo que más es, la limpieza tan deseada de las calles,* Madrid, M. Moya, 1738.

—*Proyecto que D. —, capitán de Galeota, pone a los Reales pies de V. M. sobre la limpieza de las calles de Madrid, construcciones de jardines, huertas y arbolados en sus cercanías y considerables utilidades, que de todo resultan a favor de la Real Hacienda de V. M., Villa y Corte, Arzobispado de Toledo, bien común y particular y se satisface a algunos reparos puestos a este proyecto,* Madrid, M. Fernández, 1738.

MARTÍ, F. de Paula: *Stenografía o Arte de escribir abreviado siguiendo la palabra de un orador, concluyendo al mismo tiempo. Compuesto en inglés por Samuel Tailor... y arreglado al uso de la lengua castellana*, Madrid, 1800.

—*Tachigrafía castellana o arte de escribir con tanta velocidad como se habla, con la misma claridad que la escritura común,* Madrid, Impr. de la calle Capellanes, 1803.

—*Poligrafía o arte de escribir en cifra de diferentes modos. Arreglado a los métodos de varios autores antiguos y modernos. Con una colección de tintas simpáticas y comunes, el modo de hacer revivir la escritura en los manuscritos antiguos y de borrar lo escrito quando convenga*, Madrid, Impr. de Sancha, 1808.

MARTÍNEZ, Vicente: *Carta instructiva sobre el cultivo de los olivos, que dirigió a la Real Sociedad Aragonesa D. Vicente Martínez, cura párroco de Inogés*, Zaragoza, Impr. de la R. Sociedad, 1785.

—*Carta instructiva sobre el plantío de viñas, cultivo de tierras sobre trigo y cebada, legumbres y zumaque,* Zaragoza, J. Ibáñez, 1787.

MASUSTEGUI, Fray Pedro: *Arte de la construcción,* Sevilla, J. F. Blas, 1734 (reed., 1777 y 1792).

MAUPIN, M.: *Arte de hacer el vino,* Madrid, Sancha, 1777.

MAUPIN, M.: *Lecciones breves y sencillas sobre el modo de hacer el vino, extractadas de las obras de –,* Zaragoza, Blas Miedes, 1786.

MAURUEZA BARREDA Y MÉNDEZ, M. de: *Abundancia de comestibles que a moderados precios tendrá España con la extinción de las mulas y restablecimientos del ganado boyal y caballar,* Madrid, Impr. Real, 1790.

—*Memorial ajustado hecho de orden del Consejo del expediente consultivo que pende en él... sobre los daños y decadencia que padece la agricultura, sus motivos y medios para su restablecimiento futuro,* Madrid, Pedro Marín, 1785.

MEDINA CONDE Y HERRERA, C.: *Disertación en recomendación y defensa del famoso vino malagueño Pedro Ximeno y modo de formarlo,* Málaga, Luis de Carreras, 1792.

MEDRANO, T.: *Tablas o tarifas utilísimas para todo género de personas que necesitan comprar o vender géneros por onzas, libras o arrobas,* Madrid, Impr. de la Cruzada, 1760.

Memorias de Agricultura y Artes que se publican de Orden de la Real Junta de Comercio de Catalunya, Barcelona, Brusi, 1815-1821.

Memorias de la Real Sociedad Patriótica, Sevilla, 1779.

Memorias instructivas y curiosas sobre agricultura, comercio, economía, botánica, Historia natural... sacadas de obras que hasta hoy han publicado varios autores extranjeros y señaladamente las Reales Academias y Sociedades de Francia, Inglaterra, Prusia y Suecia, Madrid, 1778-1791.

MERCADO, J. A. de: *Manifiesto en que se da a conocer el grave daño que recibe el bien público con la introducida fábrica estrangera, con título de Esmaltados sobre Oro y utilidad que se le sigue con la fábrica española,* s.l., s.e., s.f. [Sevilla, 1701, según F. Aguilar Piñal.]

MIGUÉLEZ, C.: *Arte de curtir o instrucción general de curtidos,* Madrid, Impr. Real, 1805.

MIRALLES GUMIEL, J.: *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 y perjudicial a la salud pública que permanezca en ellas*, Valencia, B. Monfort, 1788.

Miscelánea instructiva curiosa y agradable o Anales de literatura, ciencias y artes, sacados de los mejores escritos que se publican en Europa en diversos idiomas, Madrid.

MORAND, Le Medicin: «Sobre el carbón de piedra», en *Extractos de la Sociedad Bascongada de Amigos del País,* Vitoria, VIII, 1778, pp. 73-79.

MORILLO, J.: *Estado general del ganado yeguar y caballar de raza, registrado en el año anterior de 1785, en los quatro reynos de Andalucía, el de Murcia y provincia de Extremadura,* Madrid, s.i., 1787.

—*Estado general del ganado yeguar, caballar y mular, registrado en el año 1785, en los Reynos y Provincias de Castilla la Vieja, la Nueva, Aragón, Valencia, Asturias y Vizcaya,* Madrid, s.i., 1787.

MORLA, T. de: *Arte de fabricar pólvora,* Madrid, Impr. Real, 1800.

MOSQUERA, D. de: *Litho-stática o Teórica y práctica de medir piedras preciosas. Compuesta por D. Dionisio de Mosquera, artífice de obras en oro y tasador de joyas en esta Corte y Villa Imperial de Madrid,* Madrid, Fco. del Hierro, 1721.

MUNIBE, R. M. de: «Noticias de las ferrerías de Suecia», en *Extractos de las Juntas Generales celebradas por la R. Sociedad Bascongada,* 1772, pp. 34-37.

MUÑOZ DE AMADOR, B.: *Proporción arithmética práctica de la plata: tablas generales en que se demuestra el peso y valor de la plata en todas las leyes,* Madrid, A. Marín, 1741.

—*Arte de ensayar oro y plata,* Madrid, A. Marín, 1755.

NAVARRO, J.: *Instrucción o Memoria sobre la siembra, cultivo, cosecha y conservación de la nueva planta llamada raíz de la miseria o de la abundancia,* Barcelona, F. Suria, 1788.

—*Memoria sobre las utilidades y cultivo del colzat y sobre el modo de extraher el aceyte de su semilla*, Barcelona, F. Suria y Burgada, 1773.

—*Memoria sobre la viña, su plantación, propagación, reparación, conservación, enfermedades, accidentes, cultivo y vendimia en el Principado de Cataluña, leída a la Real Academia de Ciencias Naturales y Artes Útiles de la ciudad de Barcelona en el año de 1797*, Barcelona, Tecla Pla, 1797.

—*Memoria sobre la bonificación de los vinos en el tiempo de su fermentación y sobre su teórica y práctica del arte de hacer vino,* Madrid, Antonio de Sancha, 1784.

OLIVARES DE LA CUEVA, Antonio: «El uso de qualquiera oficio o arte práctica no envilece a la familia ni persona que lo ejerce, la aplicación conserva el honor y proporciona adquirir hasta el de la nobleza», *Correo de Madrid,* IV, 1789, n.º 225, pp. 1419-1425.

ORELLANA, F. V. de: *Tratado de barnices y charoles, enmendado y añadido en esta segunda impressión de muchas curiosidades y aumentado al fin con otro de miniatura para aprender fácilmente a pintar sin maestro y secreto para hacer los mejores colores, el oro bruñido y en concha*, Valencia, J. García, 1755.

ORGUIRI, J.: *Curiosidades de la Naturaleza y del Arte. Sobre la vegetación o la agricultura y jardinería en su perfección. El secreto de la multiplicación del trigo y los medios de aumentar considerablemente la renta de la hacienda de campo. Nuevos descubrimientos para crecer, multiplicar y hermosear las flores,* Pamplona, J. J. Martínez, 1735.

ORTELLS Y GOMBAU, F.: *Disertación descriptiva de la hilaza de la seda, según el antiguo modo de hilar y el nuevo llamado de Vocanson. Imprímase de orden de la Real Junta de Comercio y Agricultura*, Valencia, J. T. de Orga, 1783.

PASCUAL DÍEZ, R.: *Arte de hacer el estuco jaspeado o de imitar los jaspes a poca costa y con la mayor propiedad,* Madrid, Impr. Real, 1785.

PASCUAL RICO, J.: «Extracto de un discurso sobre la causa del contagio del tizón de los trigos», *Memorial Literario,* junio 1790, pp. 278-287.

PATULLO, H.: *Discurso sobre el mejoramiento de los terrenos,* Madrid, A. Sancha, 1774.

PENNA, N. de: *Compendio útil y méthodo fácil para cuidar y conservar bien los relo-xes,* Madrid, A. Pérez de Soto, 1760.

PEREDA, J. V.: *Memoria sobre el carbón fósil presentada en virtud de encargo a la Junta General Extraordinaria del Principado de Asturias celebrada con aprobación de S. M. en 1804 por su autor,* Oviedo, Impr. de Prieto, 1814.

PÉREZ PASTOR, F.: *Tratado de los reloxes elementares o el modo de hacer reloxes con el agua, la tierra, el ayre y el fuego. En que, con la mayor facilidad y poquísima costa se aprende a añadirles los más prodigiosos movimientos de los astros y planetas, como de diversas figuras, el canto de las aves y otras invenciones. Traducido del francés al castellano,* Madrid, J. A. Lozano, 1770.

PÉREZ QUINTANA, J.: *Explicación de las máquinas e instrumentos de que se compone una fábrica para telillas angostas de lana, su coste, el de las labores y utilidades que logrará el Estado en su establecimiento,* Sevilla.

PEREZ DEL RÍO Y VILLEGAS, J. A.: *Discurso dirigido a la Junta de Diputación de la Real Sociedad Cantábrica sobre la restauración de las pesquerías nacionales,* Madrid, Vda. e Hijo de Marín, 1797.

PEZZETI, J. T.: «Memoria sobre la conveniencia del cultivo de linos y cáñamos en Andalucía», en *Memorias de la Real Sociedad Patriótica de Sevilla,* Sevilla, 1779, pp. 293-334.

PINTADO, J. A.: *Discurso sobre la pólvora: su descripción, origen, intrínseco valor, plausibles efectos, necesidad de ella, escasez que hasta aquí hubo en España, su abundancia actual y medio descubierto para que se conserve y aumente,* Madrid, J. Ibarra, 1782.

POMAR, P. P.: *Nueva práctica de herrar los caballos de montar y de coche, a fin de precaverlos de muchas desgracias y hacerlos firmes en todo tiempo sobre el empedrado, aunque sea de losas,* Madrid, J. Ibarra, 1760.

—*Memoria en que se trata de los caballos de España. Presentada a la Sociedad Aragonesa,* Madrid, Vda. de Ibarra, 1789.

—*Causas de la escasez y deterioro de los caballos de España y medios de mejorarlos,* Madrid, Vda. de Ibarra, 1793.

PORCEL, T. A.: «Nueva análisis chímica de las venas ferruginosas de Somorrostro, Cerain y Mutiloa», en *Extractos de las Juntas de la Sociedad Bascongada de Amigos del País,* 1788.

PROUST, L.: *Ensayo sobre el azúcar de uva de D. Louis Proust, catedrático del Real Laboratorio de Química*, Madrid, Impr. Real, 1806.

—«Memoria sobre el azul de Prusia», en *Memorias de la Real Academia Médica de Madrid,* Madrid, 1797, pp. 129-138.

—*Indagaciones sobre el estañado del cobre, la vaxilla de estaño y el vidriado,* Madrid, Impr. Real, 1803.

—*Carta sobre los salitres,* Madrid, Impr. Real, 1804.

QUINTANA, J. I. de: *Méthodo general para todas las vías de España, por cuyo medio logra el público la mayor utilidad, consiguiendo por poco porte la conducción de todos los géneros y frutos de unas provincias a otras*, Madrid, D. F. Arrojo, 1753.

RODRÍGUEZ DE CAMPOMANES, P.: *Apéndice al discurso sobre la educación popular de los artesanos,* Madrid, Impr. Sancha, 1775-1777.

ROJAS CLEMENTE Y RUBIO, S.: *Memoria sobre el cultivo y cosecha de algodón en general y con aplicación a España, particularmente a Motril,* Madrid, Impr. Real, 1818.

—*Ensayo sobre las variedades de la vid común que vegetan en Andalucía,* Madrid, Villalpando, 1807.

ROZIER, L'Abbé: *Curso completo o Diccionario universal de agricultura teórico-práctica, económica y de medicina rural y veterinaria,* Madrid, 1797-1803.

SALVÁ Y CAMPILLO, F.; SANTPONS Y ROCA, F.: *Disertación sobre la explicación y uso de una nueva máquina para agramar cáñamos y linos,* Madrid, Impr. Real, 1874.

SÁNCHEZ, P. A.: *Memoria sobre los ganados de Galicia, considerados relativamente a la economía política,* Madrid, Sancha, 1802. [Reed. Vigo, Galaxia, 1973.]

SANTPONS Y ROCA, F.: *Principios de mecánica. Obra útil a los artistas, fabricantes y hacendados,* Barcelona, Sierra y Martí, s.a.

SAÑEZ REGUART, A.: *Diccionario histórico de las artes de la pesca nacional,* Madrid, Vda. de Joaquín Ibarra, 1791-95.

SEIXO, V. del: *Lecciones prácticas de agricultura y economía que da un padre a su hijo para que sea buen labrador en cualquier país del mundo,* Madrid, Pantaleón Aznar, 1792-1795.

—*Reflexiones sobre los progresos de agricultura y pastoría,* Madrid, Pantaleón Aznar, 1797.

Semanario de Agricultura y Artes dirigido a los párrocos, Madrid.

Semanario económico compuesto de noticias prácticas, curiosas y eruditas de todas ciencias, artes y oficios traducidas y extractadas de las Memorias de las Ciencias de París, de las de Trevoux y de otros muchos libros franceses, ingleses, italianos, etc., Madrid. Comenzado a publicar en 1777, se editaron 37 números.

SEMPERE Y GUARINOS, J.: *Ensayo de una biblioteca española de los mejores escritores del reinado de Carlos III,* Madrid, 1785-1789 (facsímil, Madrid, 1969).

TAVERN, J.: «Observaciones acerca del carbón vegetal, vena de hierro y fábricas de anclas del País Vascongado», en *Extractos de la Sociedad Bascongada,* Vitoria, XIX, 1789, pp. 988 y ss.

TORRE-CARRÚS, Marqués de la: *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, y perjudicial a la salud pública que permanezca en ellas,* Valencia, Benito Monfort, 1788.

TORRES, D. de: *Memoria en que se demuestran las utilidades que resultarán de usar el carbón de piedra de las minas de Utrillas y demás del reino,* Zaragoza, Impr. Miedes, s.a. [1785-86].

TORRES, T. de: *Memoria sobre el problema de los abonos de la tierras,* Madrid, Alonso López, 1783.

TRAMULLAS Y FERRERA, J.: *Prontuario y guía de artífices plateros,* Madrid, Hros. de Francisco del Hierro, 1734.

—*Guía y desengaño de artífices plateros,* Barcelona, Hros. de Mauro Martí, 1743.

VALCÁRCEL, J. A.: *Agricultura General y gobierno de la Casa de Campo,* Valencia, Impr. Burguete, 1765-95.

VICENTE Y MONZÓN, R.: *Relación de la obra del acueducto de Málaga,* Madrid, 1786.

VIDAL Y CABASÉS, F.: *Reflexiones económicas sobre ciertos arbitrios de propagar la agricultura, artes, fábricas y comercio,* Madrid, Sancha, 1751.

—*Conversaciones instructivas en que se trata de fomentar la agricultura por medio del riego de las tierras,* Madrid, A. de Sancha, 1778.

VIERA Y CLAVIJO, J.: *Librito de la doctrina rural,* Las Palmas, Real Sociedad Económica, 1807.

VILLARREAL DE BÉRRIZ, P. B.: *Máquinas hidráulicas de molinos y herrerías y gobierno de los árboles y montes de Vizcaya,* Madrid, A. Martín, 1736. [Reimpresión facsímil en San Sebastián, 1973.]

WARD, Bernardo: *Proyecto económico en que se promueven varias providencias dirigidas a promover los intereses de España con los medios y fondos necesarios para su planificación,* Madrid, 1779.

Repertorios y obras actuales

AGUILAR PIÑAL, F., «Las Academias», en VVAA.: *La época de los primeros Borbones,* Madrid, 1985.

—*Bibliografía de autores españoles del siglo XVIII,* Madrid, 1981-1993.

AGUSTÍ I CULLELL, J.: *Ciència i técnica a Catalunya en el segle XVIII o la introducció de la màquina de vapor,* Barcelona, 1983.

ANTÓN RAMÍREZ, B.: *Diccionario de bibliografía agronómica,* Madrid, 1865.

ARGEMÍ, Ll.: *Agricultura e Ilustración,* Madrid, 1988.

—*La Revolución Agrícola en España,* vol. 29 de la *Historia de la Ciencia y de la Técnica,* Madrid, Akal, 1993.

ARIAS DIVITO, J. C.: «La preocupación científica en la España del siglo XVIII», *Cuadernos de Historia de España,* Buenos Aires, vols. XLIII-XLIV.

BILBAO, L. M. y FERNÁNDEZ DE PINEDO, E.: «Auge y crisis de la siderometalurgia tradicional en el País Vasco (1700-1850)», en TEDDE, P.: *La Economía española al final del Antiguo Régimen,* Madrid, 1982.

BOGOLIÚBOV, A.: *Un héroe español del progreso: Agustín de Betancourt,* Madrid, 1973.

CABRAL CHAMORRO, A.: *Agronomía, agrónomos y fomento de la agricultura en Cádiz, 1750-1855,* Cádiz, 1995.

CAPEL, H.: *Geografía y matemáticas en la España del siglo XVIII,* Barcelona, 1987.

—«Los Diccionarios Geográficos de la Ilustración Española», *Geocrítica,* VI, n.º 31, enero 1981.

CLÉMENT, J. P.: *Las Instituciones científicas y la difusión de la Ciencia durante la Ilustración,* vol. 23 de la *Historia de la Ciencia y de la Técnica,* Madrid, Akal, 1993.

COLL MARTÍN, S. y SUDRIÁ I TRIAY, C.: *El carbón en España, 1770-1961,* Madrid, 1987.

COLMEIRO, M.: *Biblioteca de economistas españoles de los siglos XVI, XVII y XVIII,* Madrid, 1953.

CORREA CALDERÓN, E.: *Registro de arbitristas, economistas y reformadores españoles, (1500-1936),* Madrid, 1981.

DEMERSON, G. y P.; AGUILAR PIÑAL, F.: *Las Sociedades Económicas de Amigos del País en el siglo XVIII. Guía del investigador,* San Sebastián, 1974.

DEMERSON, P.: *Esbozo de una biblioteca de la juventud ilustrada (1740-1808),* Oviedo, 1976.

DÍEZ RODRÍGUEZ, M.: *Prensa agraria en la España de la Ilustración,* Madrid, 1980.

FERNÁNDEZ PÉREZ, J. y GONZÁLEZ TASCÓN, I.: *Ciencia, Técnica y Estado en la España Ilustrada,* Zaragoza, 1990.

—*et alii*: «El aprovechamiento por parte de España de las materias primas de América en los siglos XVIII y XIX. La polémica del cultivo del cacahuete», en *El científico español ante su historia,* Madrid, 1980.

FERNÁNDEZ DE PINEDO, E.: «Coyuntura y política económicas», en FERNÁNDEZ DE PINEDO, E.; GIL NOVALES, A. y DÉROZIER, A.: *Centralismo, Ilustración y agonía del Antiguo Régimen,* vol. VII de la *Historia de España* dirigida por M. TUÑÓN DE LARA, Barcelona, 1980.

GARCÍA FAJARDO, I.: «Ciencia y Técnica en la Agricultura Ilustrada. Instrumentos y experiencias agronómicas», en FERNÁNDEZ PÉREZ, J. y GONZÁLEZ TASCÓN, I.: *Ciencia, Técnica y Estado en la España Ilustrada,* Zaragoza, 1990.

—«Ciencia y Técnica en las pesquerías del siglo XVIII», en FERNÁNDEZ PÉREZ, J. y GONZÁLEZ TASCÓN, I.: *Ciencia Técnica y Estado en la España Ilustrada,* Zaragoza, 1990.

GARCÍA SANZ, A.: «Agronomía y experiencias agronómicas en España durante la segunda mitad del siglo XVIII», *Moneda y Crédito,* n.º 131, 1974, pp. 29-54.

GLICK, T.: *Historia de la agricultura,* Valencia, 1980.

GONZÁLEZ ENCISO, A.: *Estado e Industria en el siglo XVIII: la Fábrica de Guadalajara,* Madrid, 1980.

GONZÁLEZ TASCÓN, I.: *Fábricas hidráulicas españolas*, Madrid, CEHOPU, 1987.

GUINARD, P. J.: *La presse espagnole de 1737 à 1791. Formation et signification d'un genre,* París, 1973.

IGLESIES FORT, J.: *La Real Academia de Ciencias Naturales y Artes en el siglo XVIII,* Barcelona, 1964.

LAFUENTE, A. y SELLÉS, M.: *El observatorio de Cádiz (1753-1831)*, Madrid, 1988.

LLUCH, E. y ARGEMÍ, Ll.: *Agronomía y fisiocracia en España, 1750-1823,* Valencia, 1985.

LÓPEZ DE AZCONA, J. M.; GONZÁLEZ CASANOVAS, I. y RUIZ DE CASTAÑEDA, E.: *Minería Iberoamericana. Repertorio bibliográfico y biográfico*, Madrid, 1992.

LÓPEZ LINAJE, J.: *Agricultores, botánicos y manufactureros en el siglo XVIII,* Madrid, 1989.

LÓPEZ PIÑERO, J. M.: *Diccionario histórico de la ciencia moderna en España*, Barcelona, 1983.

MAFFEI, E. y RÚA FIGUEROA, R.: *Apuntes para una biblioteca española de libros y folletos y artículos impresos y manuscritos, relativos al conocimientos y explotación de las riquezas minerales y ciencias auxiliares,* Madrid, 1971-1872 (reed. facsímil en León, 1970).

MARTÍNEZ AGUDO, M.: «Publicaciones agronómicas en la España del siglo XVIII (1700-1808). Libros y folletos», *Agricultura y Sociedad,* Madrid, n.º 50, 1989, pp. 287-361.

MUÑOZ PÉREZ, J. y BENITO ARRANZ, J.: *Guía bibliográfica para una geografía agraria de España,* Madrid, 1961.

OLIVÉ ROIG, S.: *Historia de la telegrafía óptica en España,* Madrid, 1987.

RIERA, S.: *Ciència i tècnica a la Il·lustració: Francesc Salvá i Campillo (1751-1828),* Barcelona, 1985.

—*Tecnología en la Ilustración,* vol. 34 de la *Historia de la Ciencia y de la Técnica*, Madrid, Akal, 1992.

RUIZ DE AZÚA, E.: *D. Pedro Bernardo Villarreal de Bérriz (1669-1740). Semblanza de un vasco precursor,* Madrid, Castalia, 1990.

RUIZ LAGOS, M.: «El botánico madrileño E. Boutelou y el arte y ciencia de la agricultura vinícola jerezana», *Anales del Instituto de Estudios Madrileños,* n.º 10, 1974.

RUIZ VEINTEMILLA, J. M.: «El *Diario de los Literatos de España* y sus modelos», *BOCES. XVIII,* Oviedo, n.º 4-5, pp. 71-86.

RUMEU DE ARMAS, A.: *Ciencia y Tecnología en la España Ilustrada. La Escuela de Caminos y Canales,* Madrid, 1980.

SÁNCHEZ RON, J. M. (ed.): *Ciencia y sociedad en España,* Madrid, 1988.

SARRAILH, J.: *La España Ilustrada de la segunda mitad del siglo XVIII*, Madrid, 1957.

SELLÉS, M.; PESET, J. L. y LAFUENTE, A. (eds.): *Carlos III y la ciencia de la Ilustración,* Madrid, 1988.

TENN, A.: «Física experimental e instrumentos científicos en la España del siglo XVIII», artículo en prensa en Publicaciones de la Universidad de Salamanca.

9
La agronomía en la España del Setecientos

Jordi Cartañà i Pinén
Universidad de Barcelona

La aparición de la agricultura y la cría de ganado en los albores de la humanidad hizo posible la obtención de excedentes alimentarios que ayudaron a la creación de nuevas ocupaciones, favoreciendo la fundación de ciudades, cuna del desarrollo intelectual y científico. No obstante, este superávit de productos agrícolas fue, durante muchos siglos, muy escaso. A principios del Setecientos, en las sociedades más desarrolladas y en años de buena cosecha, sólo se producía un 25 % de alimentos excedentes, la mayoría de origen vegetal, que se comercializaban para obtener productos manufacturados.

Durante el siglo XVIII y la primera mitad del XIX se produjo una serie de cambios importantes en el sistema agrario de los países del centro de Europa, los cuales permitieron aumentar extraordinariamente los excedentes agrícolas. Así fue posible alimentar a los habitantes de las ciudades, donde se iniciaba la Revolución industrial. El conjunto de transformaciones que configuraron la llamada Revolución agrícola se inició en Inglaterra y consistió básicamente en la modificación del sistema de la propiedad de la tierra que favoreció el cercamiento de las propiedades (*enclosures*), un cambio en la actitud de los hacendados agrícolas y la adopción de nuevas técnicas que permitieron aumentar la productividad de los cultivos.

El gran aumento de población que se produjo en toda Europa durante el siglo XVIII y el proceso de industrialización ampliaron notablemente el mercado de productos agrícolas implantándose paulatinamente el sistema capitalista en el campo. El paso de una economía de subsistencia a otra de mercado fue propiciado no por factores internos de la propia sociedad rural, sino por la fuerte demanda de alimentos que se generó. En este sentido, cabe señalar que la Revolución agrícola y la Revolución industrial fueron dos aspectos del mismo proceso. Si parte del capital necesario para la primera industrialización inglesa surgió de la agricultura, posteriormente parte de las ganancias generadas por los industriales se invirtieron en propiedades rurales que se gestionaron de forma similar a las empresas.

Este cambio de actitud frente al fenómeno agrícola estuvo muy influido por las teorías económicas fisiocráticas, iniciadas por François Quesnay, que defendían que

sólo la agricultura generaba riqueza. Los terratenientes y aristócratas europeos se entusiasmaron por estas nuevas ideas que favorecían el desarrollo tecnológico, participando en las numerosas instituciones agrícolas que se crearon para fomentar e intercambiar los nuevos métodos que se iban desarrollando[1].

Según Lluís Argemí[2], la Revolución agrícola se desarrolló en tres etapas claramente diferenciadas. Estas fases fueron similares en los tres países estudiados, Gran Bretaña, Francia y España, aunque desfasadas en el tiempo. Durante la primera etapa se desarrolló el proceso de divulgación y fomento de la "nueva agricultura" publicándose numerosas obras sobre las técnicas agrícolas; en la segunda se aceleró la reforma de la propiedad y tenencia de la tierra; y en la tercera se introdujeron masivamente las nuevas tecnologías. El resultado de todo ello fue un importante incremento en la productividad agrícola, que se ha estimado que llegó a ser de 1-1,5 % anual acumulativo en los años centrales del siglo XIX.

En el caso español, la etapa de divulgación o "literaria" fue contemporánea con la de Francia y Gran Bretaña, mientras que las dos etapas posteriores fueron algo más tardías debido a los problemas políticos del país durante los primeros años del Ochocientos. Hay que tener en cuenta que el proceso de cambio en los sistemas de propiedad de la tierra se inició en Inglaterra a principios del XVIII, incrementándose durante la segunda mitad del siglo. En el caso francés, la revolución de 1789 aceleró el proceso, que se realizó en apenas veinticinco años. Por su parte, España tuvo que esperar al proceso desamortizador, entre 1837 y 1867, para que se iniciasen los cambios en el sistema de tenencia de las haciendas rurales. En nuestro país no se consiguió una productividad equiparable a nuestros vecinos hasta el período de 1900 a 1930.

I

El cambio tecnológico en la agricultura europea

Además de los cambios en los sistemas de tenencia de las tierras y en la actitud de los propietarios rurales, el tercer aspecto que hizo posible la revolución agrícola fue la aparición de técnicas y utensilios que configurarían una nueva ciencia, la agronomía, y un nuevo colectivo profesional. En su vertiente tecnológica, la revolución agrícola fue, pues, «el proceso por el que se aplicaron a la agricultura una serie de técnicas nuevas dirigidas a aumentar la productividad de la tierra»[3].

---

[1] Un estudio sobre la influencia de las teorías fisiocráticas en España, en E. LLUCH: *El pensament econòmic a Catalunya (1760-1840)*, Barcelona, 1973, y E. LLUCH y Ll. ARGEMÍ: *Agronomía y Fisiocracia en España (1750-1820)*, Valencia, 1985.

[2] Ll. ARGEMÍ, 1993.

[3] Ll. ARGEMÍ, 1993, p. 51.

Durante este largo período, se consiguió básicamente la desaparición paulatina de los barbechos, que fueron sustituidos por la alternancia de cultivos. Se introdujeron especies vegetales más productivas y que se adaptaban mejor a los distintos suelos y climas, y se inventaron aperos y máquinas para facilitar las labores del campo. A la vez, se incrementó la asociación entre la agricultura y la ganadería, que aportaba al suelo los abonos necesarios para mantener su fertilidad.

La difusión de los nuevos métodos fue iniciada en Inglaterra por el abogado y hacendado Jethro Tull (1674-1740) con la publicación de su obra *Cultivo con caballos*, en 1731, que preconizaba la siembra en líneas rectas separadas entre sí lo suficiente como para posibilitar el paso de un arado tirado por un caballo. Las labores continuas permitían mantener el suelo totalmente disgregado, consiguiendo unas partículas de tierra finísimas o "pabulum" que, según las teorías del botánico Juan Evelyn, podían ser absorbidas con mayor facilidad por los vegetales, lo que aumentaba el rendimiento de los cultivos.

Paulatinamente se fue introduciendo la alternancia entre trigo y legumbres o cultivos herbáceos (alfalfa, trébol) que fijan nitrógeno en el suelo. Estos prados artificiales permitían disponer de forraje para alimentar en invierno al ganado, cuyos excrementos aumentaban la fertilidad. Todo ello buscaba la reducción o la eliminación total del barbecho.

No obstante, el sistema intensivo de labranza preconizado por los ingleses y posteriormente muy difundido en Europa por los agrónomos franceses y alemanes, ya se aplicaba tradicionalmente en Flandes y en zonas mediterráneas como la Lombardía, el Piamonte, Provenza, Catalunya y Valencia. Lluís Argemí sugiere que «algunas prácticas intensivas podrían haberse originado aquí, desde donde pasaron a Flandes y la Gran Bretaña»[4].

En este sentido, ya en 1617 el prior de la catedral de Perpinyà, Miguel Agustí, publicó en Barcelona el *Llibre dels secrets d'agricultura, casa rústica y pastoril*, que tuvo mucha difusión en la zona mediterranea[5] y donde recomendaba una alternancia de cultivos para eliminar el barbecho. El texto dice así: «Al primer any i sembrarem naps, o mill, o faves, l'any següent de forment [blat] i al tercer any el conrearem molt be i diligentment i sembrarem vessa mesclada amb sement de fe [fenc][6] i el governarem a la manera dels prats ja fets»[7]. A pesar de sus indicaciones, no se puede considerar el texto de Agustí como precursor de la Revolución agrícola: el objetivo de sus escritos era que las haciendas rurales consiguiesen la autosuficiencia, pero en ningún momento se planteaba la obtención de excedentes para su comercio.

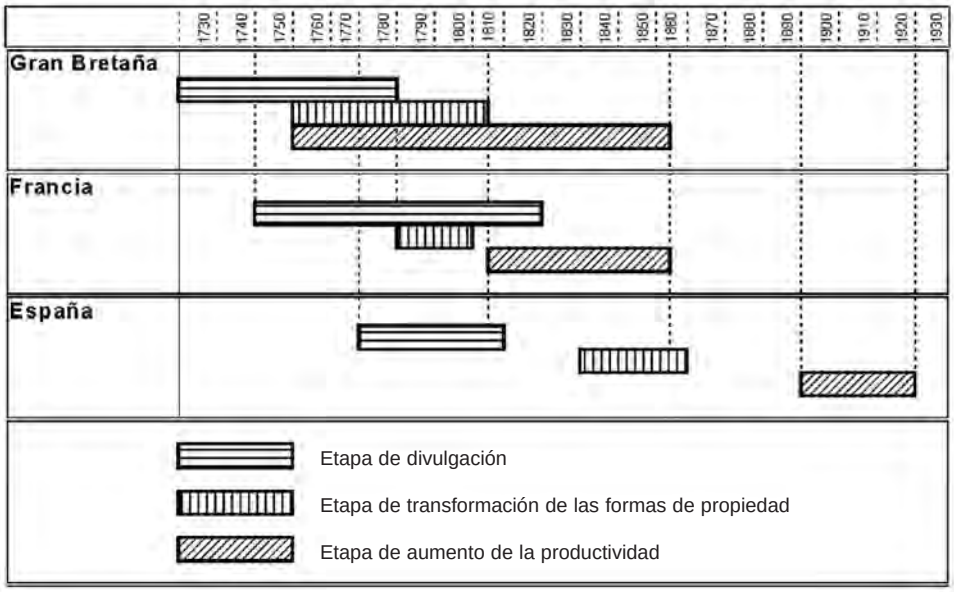
---

[4] Ll. ARGEMÍ, 1993, p. 9.

[5] De este texto se publicaron veinte ediciones hasta 1781.

[6] En castellano, heno (*Trifolium incarnatum*).

[7] M. AGUSTÍ, 1617, p. 86.



Elaboración propia a partir de los datos ofrecidos en ARGEMÍ, 1993.

9.1. Fases de la Revolución Agrícola *en Gran Bretaña, Francia y España.*

Los Países Bajos, en el Seiscientos, también desarrollaron un sistema agrícola de carácter intensivo. Territorio con una alta densidad de población e insuficiente suelo agrícola, la agricultura tradicional no podía cubrir las necesidades alimentarias de sus habitantes, por lo que se importaban cereales de los países bálticos. Aun disponiendo de un suelo de calidad media, los agricultores flamencos optaron por el cultivo de plantas industriales (lino, cebada, lúpulo, cáñamo) y hortícolas, todas ellas con un mayor valor añadido que los cereales. Estos cultivos demandaban más labores que los tradicionales y gran cantidad de abonos, que se obtenían de las regiones ganaderas y de los desechos de las ciudades. El sistema era, pues, de tipo intensivo, con haciendas de pequeño tamaño, uso abundante de fertilizantes, desaparición del barbecho y mayor uso de mano de obra. Además, este tipo de cultivos comerciales favorecía la presencia de industrias rurales de transformación que complementaban la actividad agrícola. Se ha calculado que este sistema se fue extendiendo muy lentamente por el centro y norte de Europa a una velocidad aproximada de 50 a 70 km cada 30 años[8].

Las teorías de Tull fueron adaptadas a los diferentes territorios de Francia por Duhamel de Monceau en el *Traité de la culture des terres*, publicado en París en 1750. Este agrónomo francés defendía la especialización de las siembras según los climas y

[8] B. H. SLICHER VAN BATH: 1974, p. 353.

características de los suelos y la necesidad de eliminar las malas hierbas que entorpecían el crecimiento de los cultivos. También Henri Patullo propuso nuevos tipos de rotación, dando mucha importancia a los prados artificiales. En cuanto a la difusión de la "nueva agricultura", cabe señalar asimismo la publicación en 1781 del *Cours complet d'Agriculture* por el abate Rozier, donde colaboraron todos los agrónomos franceses del momento. Finalmente, en Alemania, Albrecht Thaer publicó en 1809 unos *Principios razonados de Agricultura*, donde hacía sus propuestas para el territorio teutón. Estos autores, que fueron traducidos al castellano rápidamente, marcaron las directrices de la agronomía europea hasta bien entrado el siglo XIX.

A pesar de los esfuerzos de los ilustrados, el proceso de modernización del campo fue muy lento. Si a mediados del siglo XVIII los cambios ya eran evidentes en Gran Bretaña, la aplicación de los nuevos métodos en el resto de Europa no fue general hasta cien años más tarde. En este sentido, «existen dudas sobre la extensión de las mejoras conseguidas por los innovadores más famosos, bien en cuanto al aumento de la producción en sus propias haciendas, bien en cuanto a la aparición de imitadores inmediatos»[9]. Hay que tener en cuenta que los campesinos pobres no disponían de capital para invertir en la modernización de sus propiedades y muchos hacendados acomodados, residentes en zonas deprimidas y con alta tasa de desempleo, por razones de carácter social y político, tampoco invertían en nuevos procesos que significasen rebajar la mano de obra. Además, muchas innovaciones que eran efectivas en determinadas regiones no lo eran en otras que presentaban características físicas o económicas diferentes.

II

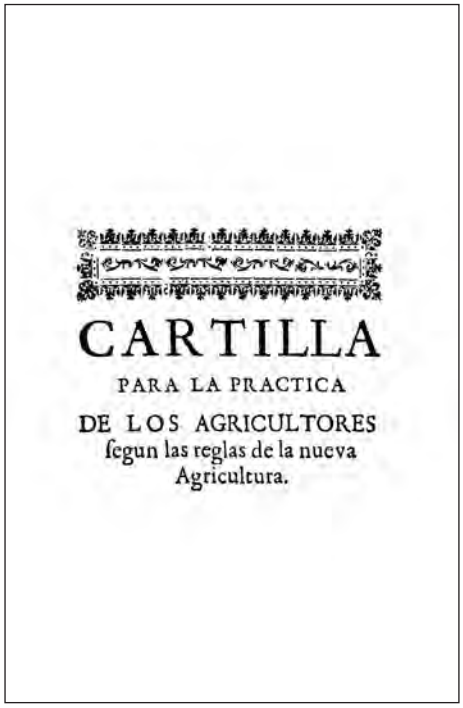
Las instituciones y el fomento agrícola

En la España del siglo XVIII existía un manifiesto sentimiento de atraso y crisis respecto a los países del entorno. El irlandés Bernardo Ward, después de un largo periplo por Europa, publicaba en 1762 su *Proyecto económico*, que incluía recomendaciones para impulsar el proceso modernizador de España. Para la enseñanza de las "artes útiles" proponía la creación de academias que fomentasen la economía, como ya existían en la Bretaña, la Toscana o Irlanda. La función de estas instituciones consistía en difundir entre la población los nuevos avances de la agricultura y la industria, estimulando la participación con premios para aquellos que colaborasen en las iniciativas. La obra de Ward, reeditada en 1769 y 1787, ejerció mucha influencia en los ambientes ilustrados españoles.

Estas ideas, concretadas por Pedro Rodríguez de Campomanes (1723-1803) en su *Discurso sobre el fomento de la industria popular*, publicado en 1774, propugna-

9 Ph. DEANE, 1975, p. 48.

TRAITÉ
DE LA CULTURE
DES TERRES,
Suivant les Principes de M. TULL, Anglois;
Par M. DUHAMEL DU MONCEAU, de l'Académie Royale des Sciences, de la Société Royale de Londres, Inspecteur de la Marine dans tous les Ports & Havres de France.
Avec Figures en Taille-douce.
A PARIS,
Chez HIPPOLYTE-LOUIS GUERIN, Libraire, rue Saint Jacques, à S. Thomas d'Aquin.
M. DCC. L.
Avec Approbation & Privilège du Roi.


CARTILLA
PARA LA PRACTICA
DE LOS AGRICULTORES
segun las reglas de la nueva Agricultura.

9.2. Traducción francesa de la obra de Jethro Tull y folleto publicado en España en 1751 *como complemento del* Tratado del cultivo de las tierras *de Duhamel de Monceau. Ambas obras ejercieron una gran influencia en el desarrollo europeo de la "nueva agricultura" (Bibl. Nacional).*

ban la creación de instituciones en todas las ciudades para estudiar y fomentar la agricultura, la industria, el comercio y la navegación. Para ello se traducirían obras extranjeras adaptándolas a las características del país, se publicarían memorias sobre aspectos prácticos y se establecerían enseñanzas encaminadas al perfeccionamiento de las artes.

II.1. Las sociedades económicas de amigos del país

Su propuesta se materializó en la creación, entre 1765 y 1808, de más de un centenar de sociedades económicas de amigos del país que, con muy desigual intensidad, participaron en el fomento de numerosos aspectos económicos y sociales que incidían directamente en el desarrollo de los territorios de su influencia. En aquellas ciudades habilitadas para comerciar con las colonias americanas –Barcelona, Valencia, Sevilla, Málaga, Alicante, Santander, La Coruña, Santa Cruz de Tenerife y Palma de Mallorca– fueron las juntas y consulados de comercio los que asumieron la función de impulsar las "artes útiles", decantándose más hacia el comercio y la navegación que al desarrollo de la agricultura. En estas ciudades se crearon escuelas de náutica, comer-

cio, dibujo e idiomas, y sólo Barcelona, y tardíamente, creó una Escuela de Botánica y Agricultura[10].

Los precursores de las sociedades económicas habían sido la Academia de Agricultura de Lérida[11], creada en 1763 y que estuvo activa muy poco tiempo, y la Academia de Agricultura del Reino de Galicia, en 1764[12]. Como se indica en su denominación, su ámbito de actuación era exclusivamente la agricultura. Sus objetivos principales eran investigar las causas de su decadencia y ensayar remedios para su fomento.

El considerable incremento de la población acaecido en el siglo XVIII –unos 3 millones de habitantes[13]– ocasionó una fuerte demanda de productos agrícolas que estimuló a las sociedades a interesarse por todos aquellos aspectos que pudiesen incidir en el aumento y diversificación de la producción. Las iniciativas llevadas a cabo para facilitar el desarrollo agrícola fueron numerosas y abarcaron diversos ámbitos de la agricultura, tanto los estrictamente técnicos como los comerciales y políticos. En el campo agronómico, se preocuparon por la mejora de la producción de cereales y la introducción de cultivos nuevos, como el maíz y la patata. También se alentó el desarrollo de la industria del aceite y la plantación de oleaginosas sustitutivas del olivo, como el cacahuete[14] o la colza. La difusión de la viticultura y la enología, así como el cultivo de frutales, también fueron objetivo prioritario de algunas sociedades.

Los cultivos industriales despertaron el interés de los ilustrados por su mayor valor añadido y la posibilidad de establecer industrias auxiliares. Cabe destacar las plantas textiles como el cáñamo (*Cannabis sativa*), el lino (*Linum usitatissimus*) y el algodón (*Gossypium sp*); las plantas tintóreas como la rubia o granza (*Rubia tinctoria*) o el nopal (*Opuntia ficus-indica*), como sustento de la cochinilla, de la que se extraía el carmín, o las plantas barrileras (*Halogetum sativus* y otras)[15] para la obtención de la sosa y la potasa. También proponían el cultivo de la morera y la cría del gusano de seda y la práctica de la apicultura, con la posibilidad de crear una industria rural anexa a las explotaciones agrícolas que permitiese ocupar a mujeres y niños.

Para conseguir una alta productividad se fomentaron nuevas técnicas como la alternancia de cultivos, el uso de abonos y la mejora del riego con la construcción de

---

10 A. ESCOLANO, 1988, pp. 383 y ss.

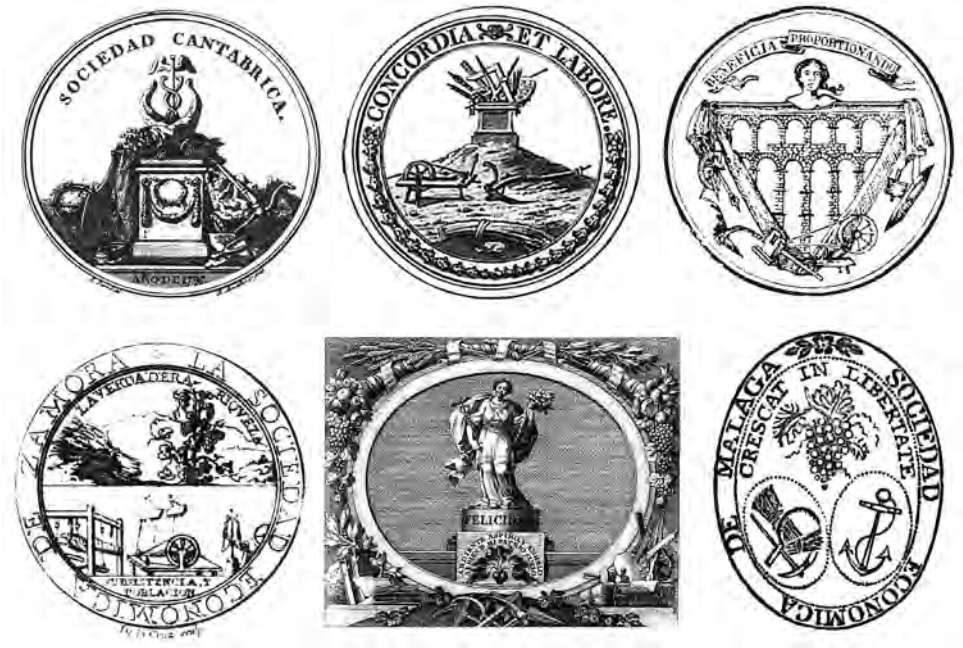
11 Sobre la Academia de Agricultura de Lérida, ver E. LLUCH, 1973, pp. 160-162.

12 F. DOPICO, 1989, p. 571.

13 En 1717, según el Censo de Campoflorido, España tenía 7,5 millones de habitantes y en 1787 el de Floridablanca nos indica un total de 10, 4 millones.

14 Sobre el cultivo del cacahuete ver J. FERNÁNDEZ PEREZ: «El aprovechamiento por parte de España de las materias primas agrícolas de América en los siglos XVIII y XIX: La polémica del cultivo del cacahuete», en *El científico español ante la historia*, Madrid, 1980, pp. 201-220.

15 Sobre los sistemas de cultivo de las plantas textiles, las tintóreas y las barrileras ver J. FERNÁNDEZ PÉREZ, 1990.



9.3. Emblemas de algunas sociedades económicas de amigos del país. *Muchas de estas instituciones incluyeron en sus escudos símbolos relacionados con la agricultura y su modernización.*

canales, pozos y norias. Se impulsó también el combate de plagas y enfermedades, la selección de semillas, el plantío de árboles y la incorporación de maquinaria más eficaz (arados modificados, sembradoras y trillos). La introducción de los pastos artificiales, como cultivo independiente o formando parte de la alternativa de cosechas, fue preconizada con la plantación de plantas forrajeras como la alfalfa y los nabos. Finalmente, otra estrategia que defendieron fue la ampliación de la superficie cultivada mediante la roturación de tierras, el uso de pastizales y baldíos, la desecación de pantanos y la colonización agrícola de nuevas tierras.

La difusión de las nuevas ideas agronómicas se sustentó en la publicación de monografías, la organización de concursos para la elaboración de estudios e informes sobre aquellos temas que convenían a cada sociedad y la adjudicación de premios en metálico a los agricultores que introducían determinados cultivos o aplicaban técnicas nuevas[16]. La mayoría de las publicaciones fueron impulsadas desde las socieda-

[16] La costumbre de ofrecer premios como estímulo para fomentar la agricultura estaba bastante generalizada entre las sociedades económicas. Estos concursos habitualmente se hacían públicos a través de la *Gaceta de Madrid*. En J. PIQUERAS (1992) se citan numerosos ejemplos de premios ofrecidos para estimular el desarrollo agrícola y la extensión de nuevos cultivos.

des económicas y el Jardín Botánico de Madrid. Entre 1700 y 1808 se editaron un total de 380 obras de estas características[17], aunque algunas eran reediciones de tratados anteriores, principalmente de Miguel Agustí y Gabriel Alonso de Herrera. Del conjunto, 269 fueron primeras ediciones (70,78 %), 63 reediciones (16,5 %) y 48 traducciones (12,63 %), principalmente de obras francesas; 192 tenían un contenido marcadamente agronómico, mientras que el resto abarcaba aspectos económicos, políticos, sociales o geográficos.

Un estudio de estas monografías técnicas nos indica los aspectos que más preocupaban a los ilustrados españoles de la época y que creían conveniente mejorar o cambiar. Aparte de los manuales y obras de carácter general, las publicaciones más numerosas fueron las dedicadas a la fitotecnia especial, en particular el cultivo de las plantas textiles y tintóreas (14), el arroz (9) o la patata (3). Los aspectos relacionados con los canales de riego y la distribución del agua en la agricultura también generaron numerosos escritos, así como la sericicultura y la apicultura. Los textos de patología vegetal se interesaron sobre nuevas plagas y enfermedades, como el tizón del trigo o el gusano de la vid, además de la ya conocida plaga de la langosta.

Número de libros publicados en el siglo XVIII, y temáticas que abarcan
(Elaboración propia a partir de M. MARTÍNEZ AGUDO, 1992)

Manuales agrícolas	29
Fitotecnia	42
Riegos y uso del agua	15
Arboricultura y montes	14
Zootecnia	14
Patología vegetal	13
Sericicultura	13
Viticultura y enología	12
Apicultura	8
Abonos	7
Oleicultura	6
Mecánica agrícola	5
Meteorología	5
Enseñanza agrícola	5
Otros	4
Total monografías	**192**

[17] M. MARTÍNEZ AGUDO, 1989.

II.2. La actividad agronómica del Jardín Botánico de Madrid y los jardines de aclimatación

El Jardín Botánico de Madrid, que marcaba la política a seguir de los botánicos españoles, no llegó a involucrarse en al campo agronómico hasta que accedió a su dirección José de Cavanilles en 1801. Durante el siglo XVIII, su ámbito de actuación se limitó a las plantas medicinales y al estrictamente científico de clasificación y descripción de especies vegetales, sobre todo las llegadas de ultramar. Según Francisco Javier Puerto, «la botánica aspiraba a ser la ciencia útil por excelencia, pero la de la Corona y la aristocracia, no la de los labradores»[18].

Casimiro Gómez Ortega, catedrático de botánica del Jardín madrileño de 1771 a 1801, era muy reacio a introducir la enseñanza agrícola entre las clases modestas, ya que «el trabajador no medita, no compara, no inventa, no adelanta y solamente repite empíricamente las maniobras buenas o malas, que aprendió de sus mayores»[19].

La necesidad de aclimatar y connaturalizar las especies llegadas de América y otros continentes favoreció la creación de jardines de aclimatación en Andalucía y el levante español. La función de estos jardines era triple: investigadora, aclimatadora y docente. Las clases de botánica impartidas en estos centros, no obstante, eran principalmente de carácter sanitario y los alumnos eran sobre todo farmacéuticos, cirujanos o médicos, prestando escasa atención a la enseñanza agronómica. Los jardines de Cádiz, Sevilla o Barcelona fueron gestionados por los colegios de Cirugía y Medicina respectivos, y sólo en Granada se intentó instalar un jardín relacionado directamente con la agricultura, para aclimatar nuevos cultivos tropicales como la caña de azúcar, la palma de coco o la zarzaparrilla. No obstante, la posición oficial de los botánicos españoles hasta finales del siglo, que no consideraban la agricultura como objetivo de sus investigaciones (especialmente los aspectos prácticos de aquélla) no permitieron que esta iniciativa se pudiese llevar adelante[20]. También el Jardín de Plantas de Zaragoza, organizado por la Sociedad Económica, aunque en un primer momento estuvo vinculado a la docencia sanitaria, se preocupó de las investigaciones agronómicas, como veremos más adelante.

La principal aportación del Jardín Botánico de Madrid a la divulgación de las nuevas teorías agronómicas se limitó, pues, a la traducción por parte de Gómez Ortega de algunos de los principales textos agronómicos de la época, especialmente los de Henri Louis Duhamel de Monceau, del que se publicaron *Memoria sobre la granza* (1763), *Physica de los árboles* (1772-73), *Tratado de las siembras y plantíos de árboles* (1773), *Tratado del cuidado y aprovechamiento de los montes y bosques* (1773-74) y *Elementos teórico-prácticos de Agricultura* (1805), así como la obra de Gustavo A. Gyllem-

18 F. J. PUERTO, 1988, p. 24.

19 C. GÓMEZ ORTEGA: «Introducción», en H. L. DUHAMEL DE MONCEAU: *Elementos teórico-prácticos de Agricultura*, Madrid, Collado, 1805.

20 Sobre los jardines de aclimatación ver F. J. PUERTO, 1988, pp. 198-224

9.4. Entrada del Jardín Botánico de Madrid. *Esta institución fue la precursora de la Escuela Central de Agricultura creada en 1855 y de donde saldrían las primeras promociones de ingenieros agrónomos (Miguel COLMEIRO:* Bosquejo histórico y estadístico del Jardín Botánico de Madrid, Madrid*, Uhagón, 1875) (Bibl. Universidad Barcelona).*

borg *Elementos naturales y chymicos de Agricultura* (1775). Además, se editaron las *Observaciones sobre la Historia Natural del Reino de Valencia* de José de Cavanilles (1795-97)[21].

En 1801, Cavanilles adoptó un nuevo enfoque, dedicando mayor atención a los aspectos agronómicos. Cabe destacar los estudios realizadas por los hermanos Boutelou sobre el arroz de secano y otros cultivos, y por Simón de Rojas Clemente sobre el algodón y el cultivo de la vid.

II.3. La Academia de Ciencias y Artes de Barcelona

Otra institución que desarrolló una importante actividad agronómica fue la Academia de Ciencias y Artes de Barcelona, creada en 1764[22]. En la real cédula de su creación constaba explícitamente que «se haga lugar a la Agricultura, formando una Dirección particular para ella». Las tareas encomendadas a dicha dirección quedaron reflejadas en los estatutos de 1770, en los que se indicaba que

> «se ocupará en examinar los mejores medios de cultivar las tierras, hará los experimentos correspondientes para averiguar cuáles frutos, y cuál cultivo se adaptan más a cada especie de terreno, y clima de la Provincia, y son más ventajosos al labrador; y con estos conocimientos dará Memorias prácticas de cada ramo en particular de la grande agricultura, fáciles y perceptibles a la gente de campo».

Como se puede observar, las directrices dadas respecto al desarrollo agronómico coincidían plenamente con las de las sociedades económicas que por aquel entonces empezaban a crearse.

La primera actuación vinculada con la agricultura que llevó a cabo la Academia fue la elaboración en 1767 de una encuesta sobre el estado de la ganadería en todos los municipios de Cataluña, de la que se derivó un informe de gran interés para conocer el estado del campo catalán. No obstante, las tareas ordinarias de los académicos consistían básicamente en la elaboración de memorias que se leían y discutían entre los asistentes. Los aspectos que más interesaron fueron el cultivo de la viña y la elaboración del vino, primordiales en la economía agraria del Principado y el cultivo de nuevas especies de prados artificiales. Otras cuestiones que atrajeron la atención fueron la colza, los cereales, la patata y los abonos.

Los académicos más activos en el campo agronómico fueron Joan Pau Canals i Martí, que publicó cuatro monografías sobre el cultivo de plantas tintóreas[23]; Josep Albert Navarro Mas i Marquet, que escribió sobre la colza, la enología, la viticultura y el cultivo de los nabos –que el autor denominaba "raíz de la miseria"–; el clérigo Marià

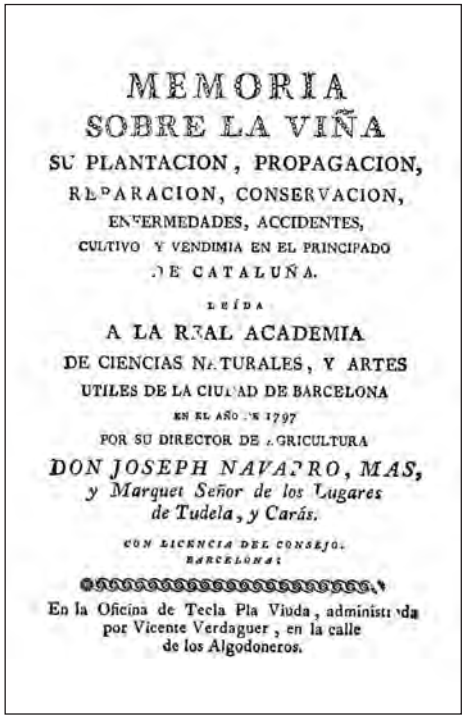
---

21 Todas estas obras vieron la luz en Madrid. Para una descripción bibliográfica completa véase B. ANTÓN, 1865, y M. MARTÍNEZ AGUDO, 1989.

22 En lo esencial sigo a P. BERNAT, 1997.

23 Las obras de Joan Pau Canals se publicaron en 1768, 1770 y 1779. Las principales fueron las dos últimas: *Memorias sobre la púrpura de los antiguos restaurada en España*, Madrid, 1779, y la *Colección de lo perteneciente al ramo de la rubia o granza en España*, Madrid, 1779.

CARTA INSTRUCTIVA
SOBRE
EL CULTIVO DE LOS OLIVOS,
QUE DIRIGIÓ
A LA REAL SOCIEDAD ARAGONESA
DON VICENTE MARTINEZ,
Cura Pàrroco de Inogès, en el Partido de Calatayud; y Socio Numerario de la misma.
Vá al fin otra Carta sobre los Empeltres, segun la Práctica de Zaragoza, que ha parecido muy oportuno el ponerla por apéndice.
Año 1785.
Con licenc. En la Imprenta de la REAL SOCIEDAD.


MEMORIA
SOBRE LA VIÑA
SU PLANTACION, PROPAGACION,
REPARACION, CONSERVACION,
ENFERMEDADES, ACCIDENTES,
CULTIVO Y VENDIMIA EN EL PRINCIPADO DE CATALUÑA.
LEÍDA
A LA REAL ACADEMIA
DE CIENCIAS NATURALES, Y ARTES
UTILES DE LA CIUDAD DE BARCELONA
EN EL AÑO DE 1797
POR SU DIRECTOR DE AGRICULTURA
DON JOSEPH NAVARRO, MAS,
y Marquet Señor de los Lugares de Tudela, y Carás.
CON LICENCIA DEL CONSEJO.
BARCELONA:
En la Oficina de Tecla Pla Viuda, administrada por Vicente Verdaguer, en la calle de los Algodoneros.

9.5. Monografías sobre los olivos y la viña. *El fomento de estos cultivos fue una de las prioridades de los agrónomos ilustrados de la España mediterránea (Biblioteca Nacional y Bibloteca de la Universidad de Barcelona).*

Oliveres de Plana, gran propagandista del cultivo de la patata y los prados artificiales; y Manuel Barba i Roca, autor de numerosas memorias que quedaron inéditas y que inventó una máquina para extraer agua[24] que consistía en tres bombas aspirantes-impelentes cuyos émbolos estaban sujetos en la periferia de una gran plancha circular sostenida por un punto central. Este artilugio se montaba sobre un pozo en cuyo interior estaban fijas las bombas y se hacía funcionar con el peso de una persona o animal andando por encima de la plancha a la que daba un movimiento ondulante que transmitía la fuerza alternativamente a los émbolos.

III

La enseñanza agrícola

El uso de los conventos, párrocos y clero como instrumentos de transmisión de los conocimientos científicos, en general, y agronómicos, en particular, fue una idea

[24] Manuel BARBA: *Sobre una nueva máquina hidráulica para regar*, s. l., 1792.

que se gestó y debatió durante el siglo XVIII. La idea, que ya circulaba en los ambientes ilustrados hacia 1760, fue explicada en la *Estafeta de Londres* por Francisco Mariano Nifo en 1779[25].

En 1776, Casimiro Gómez Ortega, director del Jardín Botánico de Madrid, en respuesta a una propuesta del abate Rozier para la creación de una escuela práctica de agricultura, se negaba a ello porque «la agricultura no sufrirá la revolución dichosa, hasta que los curas no sean instruidos, para instruir a su vez a los campesinos»[26].

En 1778 la Sociedad Económica Aragonesa tradujo el libro de Griselini sobre la necesidad de la enseñanza agrícola por parte de los párrocos[27], y Pedro Díaz de Valdés[28], obispo de Barcelona, reiteró en diversas ocasiones esta necesidad impulsando el estudio de la historia natural que permitiese «contribuir maravillosamente a introducir nuevas producciones y a mejorar las conocidas»[29].

Jovellanos, en el capítulo de su *Informe sobre la Ley Agraria* dedicado a los «Medios de remover los estorbos morales o derivados de la opinión», consideraba muy necesaria la instrucción de los labradores, y para ello era imprescindible «el conocimiento de las primeras letras, esto es, que sepan leer, escribir y contar» para que pudiesen conocer «las sencillas y palpables [verdades] de la física, que conducen a la perfección de sus artes»[30]. Para transmitir estos conocimientos agrícolas proponía la publicación de cartillas rústicas que explicasen

> «los mejores métodos de preparar las tierras y las semillas, y de sembrar, coger, escardar, trillar y aventar los granos, y de guardar y conservar los frutos, que describiesen sencillamente los instrumentos y máquinas de cultivo, y su mas fácil y provechoso uso; y finalmente, que descubriesen [...] todas las economías, todos los recursos, todas las mejoras y adelantamientos que puede recibir esta profesión»[31].

Jovellanos proponía que los religiosos participasen en dicha labor. Siguiendo este modelo, se publicaron algunos textos que pretendían ser vehículos de transmisión de los conocimientos agrícolas entre los labradores, como la cartilla agraria escri-

---

25 H. CAPEL, 1997, p. 15.

26 Repr. en F. J. PUERTO, 1988, p. 167.

27 *Discurso sobre el problema de si corresponde a los Párrocos y curas de las aldeas, el instruir a los labradores en los buenos elementos de la economía campestre, al cual va adjunto un plan que debe seguirse, en la formación de una obra dirigida a la mencionada instrucción, por el Señor Francisco Griselini. Secretario de la Sociedad Económica de Milán. Traducida por D.ª Josefa Amar y Borbón*, Zaragoza, 1778.

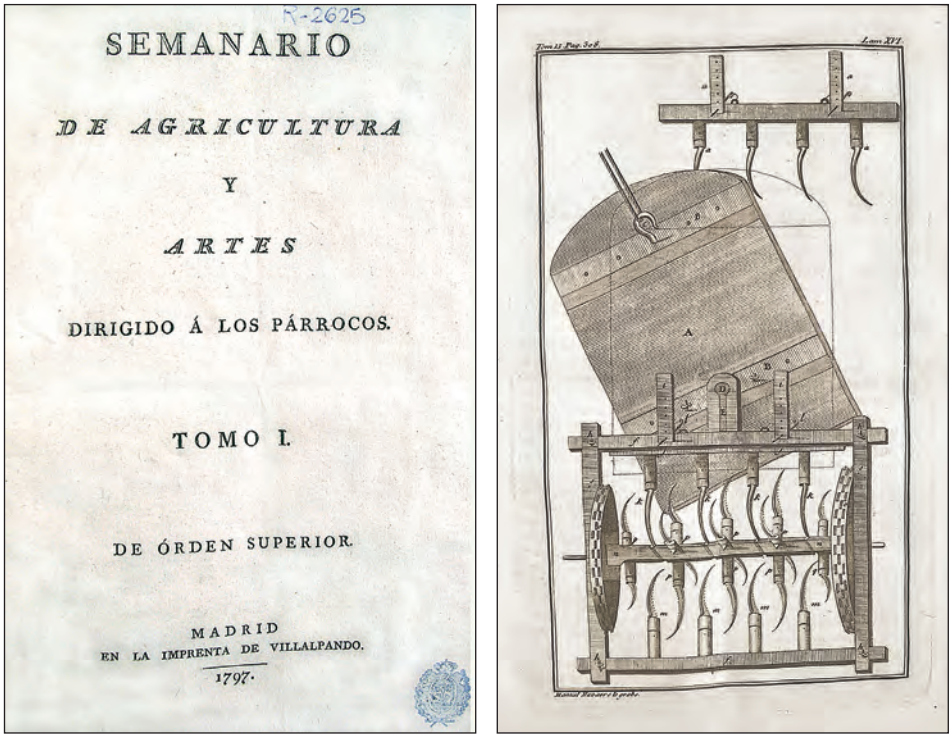
28 Un estudio más detallado de Pedro Díaz de Valdés, en H. CAPEL, 1997, pp. 13-23.

29 «Discurso sobre la necesidad de una Física provechosa, con la que el clero y particularmente los curas párrocos harían un gran bien a la Nación», Pedro Díaz de Valdés, *Memorial Literario de Madrid*, 1787. Cit. en H. CAPEL, 1997, p. 17.

30 G. M. de JOVELLANOS, 1968, p. 164.

31 G. M. de JOVELLANOS, 1968, p. 166.

ta en 1800 por el prior del convento de los Carmelitas de Pamplona, José María Larumbe, *Epitome cristiano de Agricultura, según las instrucciones del Semanario y de las puras fuentes de donde se derivan. Obra recomendable a las escuelas de niños y utilísima para los señores párrocos que quieran tener la bondad de instruir a sus feligreses uniendo el cultivo del campo con las máximas sólidas de nuestra santa religión*. También Vicente del Seixo se adjudicó esta función divulgadora en sus *Reflexiones sobre los progresos de Agricultura*[32], publicadas en 1797, insistía sobre el uso en las escuelas de enseñanza elemental de sus *Lecciones prácticas de Agricultura*[33], impresas unos años antes.



9.6. El* Semanario de Agricultura y Artes dirigido a los párrocos *(1797-1808) fue la primera revista especializada de carácter técnico que se editó en España. *Esta publicación informaba de los nuevos inventos y propuestas técnicas, como el volvedor de Manzanares (véase también la ilustración 9.16, publicada en 1777), encaminados a mejorar la productividad de la agricultura española (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza).*

32 Vicente del SEIXO: *Reflexiones sobre los progresos de Agricultura y pastoria [...] y sobre la necesidad de lecciones agrarias, en lugar de las que hoy se practican en las Escuelas del Reino*, Madrid, Pantaleón Aznar, 1797.

33 Vicente del SEIXO: *Lecciones prácticas de Agricultura y Economía*, Madrid, Pantaleón Aznar, 1792-1795, 5 vols.

No obstante, el proyecto de mayor envergadura fue la publicación del *Semanario de Agricultura y Artes dirigido a los párrocos*, posiblemente la primera revista técnica editada en España y de la cual aparecieron 23 volúmenes entre enero de 1797 y 1808.

III.1. El Semanario de Agricultura y Artes dirigido a los párrocos[34]

Los objetivos de la revista quedaron claros en el prospecto que se publicó previamente:

> «Ninguna cosa puede contribuir con más eficacia a este fin [el fomento de las novedades agrícolas] que la publicación de un periódico, por cuyo medio se comuniquen de unas provincias a otras cuantos conocimientos convengan al adelantamiento y perfección de la agricultura y artes anejas»[35].

Al principio, y después de una importante campaña publicitaria realizada por la *Gaceta de Madrid*, se llegó a una tirada de 3.000 ejemplares que se vendía en su totalidad por suscripción. Con el paso del tiempo, la demanda fue disminuyendo hasta que en 1804 se obligó a los intendentes y obispos a la compra de los ejemplares necesarios para las diócesis.

La revista tuvo dos fases diferenciadas. La primera, que duró ocho años, hasta finales de 1804, cumplió plenamente con los objetivos marcados. El alma de este primer período fue el sacerdote Juan Antonio Melón, doctorado por la Universidad de Salamanca y vicerrector del seminario conciliar de esta ciudad. Viajó por encargo de Carlos III a Europa, donde tomó contacto con las novedades tecnológicas de la época, especialmente la química, experimentando con la remolacha de azúcar. En esta etapa la revista abarcó numerosos temas de interés agrícola. Los artículos, redactados en forma epistolar, eran breves y estaban escritos en un lenguaje asequible a los campesinos.

En 1805 la dirección de la revista pasó a manos del Real Jardín Botánico. El equipo de redacción estaba compuesto por Francisco Antonio Zea, Simón de Rojas Clemente y Rubio y Claudio Boutelou, siendo colaboradores el propio Juan Antonio Melón y Esteban Boutelou. En esta segunda etapa pasó a ser el órgano oficial del Jardín, recogiendo las investigaciones de sus propios miembros. La revista adquirió un alto nivel científico, desvirtuándose la función divulgadora de la fase anterior, donde agricultores españoles anónimos planteaban sus reflexiones y dudas y aportaban soluciones sobre los problemas concretos que les acuciaban. La revista llegó a publicar, incluso, obras enteras como el *Ensayo sobre las variedades de la vid común*, de Simón de Rojas Clemente, o la *Memoria sobre el cultivo de la vid en Sanlúcar de Barrameda y Jerez de la Frontera*, de Esteban Boutelou, ambas de 1807. El inicio de la guerra de la Independencia provocó la desaparición de esta publicación.

---

[34] Un estudio monográfico del *Semanario* en F. DÍEZ RODRÍGUEZ, 1980, y E. LARRIBA, 1997.

[35] «Prospecto», *Semanario*..., Madrid, vol. I, 1797. Repr. en E. LARRIBA, 1997, p. 77.

III.2. Las cátedras de Agricultura

La propuesta ilustrada de crear escuelas y cátedras de agricultura para los hacendados y agricultores acomodados y sus hijos no cayó en saco roto, y a partir de la segunda mitad del siglo XVIII y primeros años del XIX se pusieron en funcionamiento algunos centros.

La primera escuela de agricultura de la que se tiene referencia es la que Carlos III mandó crear, poco después de su llegada al trono en 1759, en el Real Sitio de Aranjuez. El conde de Floridablanca, en su *Memorial presentado al rey Carlos III, renunciando al Ministerio*, de 1788, escribía:

> «Vuestra Majestad ha sido también el gran maestro, que ha querido fundar una Escuela práctica de Agricultura en los campos que me ha mandado cultivar y mejorar en el Real sitio de Aranjuez; ya se conoce en los pueblos de la comarca el efecto que ha producido esta escuela, pues se va imitando el método de aprovechar las tierras, destinándolas, según su calidad, a sus respectivas y más útiles producciones»[36].

También en esta finca se desarrollaron experiencias sobre nuevos sistemas de cultivo y maquinaria[37]. A pesar de las palabras de Floridablanca, no existe la certeza de que se llegase a impartir algún tipo de enseñanza a alumnos o de si, simplemente, actuó como centro de experimentación agronómica.

En 1765, el intendente general del Reino de Galicia, Julián Robiou, marqués de Piedrabuena, con el apoyo de José Cornide, inició los trámites para la creación de una Escuela de Agricultura en La Coruña, proyecto que no pudo llevarse a la práctica[38]. De esta iniciativa surgió, no obstante, la Academia de Agricultura, como se ha indicado anteriormente.

El primer centro docente agronómico, con una organización formal, que se fundó en España fue el creado en Zaragoza por su Sociedad Económica, en 1773. Este año, la Sociedad Aragonesa acordó impartir una conferencia semanal, a la que denominaban *cátedra de agricultura*, «que dio principio explicando las lecciones más sencillas a tenor de un papel que escribió Jerónimo Ardid con el título *Restauro de la Agricultura y destierro del ocio*». La escuela tenía una orientación básicamente práctica y estaba dirigida a pequeños campesinos y jornaleros. En el primer año se matricularon 36 alumnos, cuya asistencia se estimulaba mediante premios ofrecidos por el censor de la Sociedad, Juan Antonio Hernández de Larrea. En 1780, Domingo Lobera, catedrático de agricultura, compuso un *Catecismo rural* que es posible se publicase en forma de refranes[39] y se utilizase como texto en las clases. Las conferencias, que inicialmente se

---

36 Repr. en F. J. PUERTO, 1988, pp. 256-257.

37 Un estudio sobre estas experiencias, en Á. GARCIA SANZ, 1974.

38 F. DOPICO, 1989, p. 571.

39 Cit. en A. de G. ROCASOLANO, 1923. Hay dudas sobre la publicación del *Catecismo* de Domingo Lobera, ya que no ha sido localizado en ningún catálogo consultado.

daban los domingos, se ampliaron a tres días semanales, sustituyendo el *Catecismo* por los *Elementos de Agricultura* del portugués Diego Carballo y Sampayo[40].

Con los años, su funcionamiento pasó a ser un tanto irregular, como demuestra el hecho de que en 1788 y 1789 no se matriculase ningún alumno y se tuviesen que tomar medidas al respecto[41]. No obstante, la escuela funcionó al menos hasta 1802, en que los alumnos disertaron en sus exámenes sobre injertos, abonos y conservación de granos[42].

Además de su labor docente, la escuela ejercía como centro de experimentación y divulgación de las mejoras agronómicas, siendo el primer precedente en España de las granjas experimentales que se desarrollarían en el siglo XIX y que combinaban la docencia con la investigación científica. Desde 1777, en los campos de experimentación se hicieron ensayos sobre el cultivo del lino y el regaliz, así como sobre el uso de abonos; se construyó un molino modelo con seis prensas, se valoró la eficacia de diversos trillos y otras máquinas y se abordaron las plagas, investigando la oruga de los viñedos y la negrilla de los olivos. También se realizaron tareas de divulgación con la publicación de un folleto sobre la conservación de los granos[43], que se distribuyó entre los municipios de la región, y la traducción de una obra de Juan Seiferth sobre el cultivo del lino[44].

Ignacio Jordán de Asso, miembro muy activo de la Sociedad y gran defensor de la enseñanza agrícola, en *su Historia de la Economía Política de Aragón*, publicada en 1798, señalaba que

> «es preciso enseñar a nuestros labradores lo mucho que ignoran por falta de instrucciones prácticas; a la experiencia nadie resiste, y por muy duros que sean los labradores, así ceden»[45].

La Sociedad Económica se dio cuenta de que, además de la escuela, era preciso establecer cátedras de agricultura con un nivel de contenidos académicos más elevado, que pudiesen beneficiar directamente a los propietarios y hacendados.

---

40 «Establecimiento y progresos de la cátedra de Agricultura de Zaragoza por el Dr. D. Serapio Sinués», *Semanario de Agricultura y Artes dirigido a los párrocos*, Madrid, vol II, 1797, p. 78 (cit. en B. ANTÓN, 1865, pp. 569-570).

41 Acuerdo tomado por la Sociedad Económica el 16 de enero de 1789. Cit. en A. de G. ROCASOLANO, 1923, p. 76.

42 A. de G. ROCASOLANO, 1923, pp. 20 y ss.

43 *Memoria sobre la conservación de los granos, aprobada por la Real Sociedad Aragonesa de Amigos del País. Leída el 21 de Octubre de 1779 por Don Ramón Amat de Mauleón y Osorio*, Zaragoza, Luis Cueto, 1779.

44 *Extracto de la obra, que sobre el cultivo del lino sacó a luz Juan Seiferth, en Dresde, año de 1780. Publícalo la Real Sociedad Aragonesa*, Zaragoza, Vda. de Blas Miedes, 1788.

45 I. Jordán de ASSO: *Historia de la Economía Política de Aragón*, Zaragoza, 1798, pp. 199-203. Cit. en A. de G. ROCASOLANO, 1923, p. 25.

9.7. Durante el siglo XVIII, el trigo (*Triticum sp.*) era el cultivo más extendido. *En la España húmeda fue sustituido paulatinamente por el maíz (*Zea mais*). La alternancia de cultivos favoreció la introducción de nuevas especies, principalmente forraje para el ganado como el trébol (*Trifolium pratense*) o los nabos (*Brassica napus*). (*Herbarium Blackwell*, Nuremberg, 1750-73; M. Bonafous:* Histoire Naturelle, agricole et economique du maïs*, París, 1836; J. Sturm:* Deutschlands Flora in Abbildungen*, 1796).*

En 1779, Asso propuso a la Junta de la Sociedad que se solicitase al Consejo de Castilla la creación de cátedras de matemáticas, química y botánica, con una parte del dinero retenido del sobrante de propios de Aragón. En 1781, como consecuencia de reuniones mantenidas por los socios de la Económica, en que se trataba sobre los cultivos de Aragón, se insistió en la necesidad perentoria de disponer de la cátedra de botánica. Tres años más tarde, en 1784, se comisionó a Alejandro Ortiz e Ignacio Jordán de Asso para iniciar la formación de un Gabinete de Historia Natural y se insistió en la demanda de las escuelas de química y de botánica, que fueron rechazadas.

Finalmente, después de diecisiete años de espera, se obtuvo la autorización para la fundación de las cátedras, la de química en 1796 y la de botánica en 1797. Las clases de esta última las impartió el farmacéutico Pedro Gregorio Echeandía y Jiménez (1746-1817) de forma gratuita, bajo la supervisión del médico Alejandro Ortiz. Debido a la muerte de Ortiz antes de la fecha de inauguración, la dirección fue asumida por el abogado Ignacio Jordán de Asso (1742-1814), que permaneció al frente de la institución hasta 1808.

Los cursos estaban encaminados a la enseñanza de la sistemática botánica y las plantas medicinales, como demuestran la profesión mayoritaria de los alumnos (boticarios y médicos) y los textos utilizados en las clases (*Curso elemental de Botánica* de Casimiro Gómez Ortega y la *Parte práctica de Botánica* de Linneo). Para el primer curso se matricularon 45 alumnos, aunque se calcula que entre 1797 y 1808 pasaron por la escuela unos 400[46]. La actividad académica fue suspendida durante la guerra de la Independencia, reanudándose a partir de 1814, pero ya sin el concurso del jardín, que fue destruido durante el sitio de Zaragoza[47].

Aparte de su obra más importante de carácter botánico, la *Flora Cesaraugustana*, Echeandía realizó estudios agronómicos sobre el cultivo del cacahuete y el sésamo y la extracción de su aceite[48], y sobre la patata, de la que se hicieron ensayos en 1798 defendiendo su cultivo en la región. Por su parte, Asso también investigó sobre diferentes tipos de trigo utilizados en Aragón, y los resultados fueron publicados en 1797 y 1798[49].

III.3. Las realizaciones durante el reinado de Carlos IV

El estallido de la Revolución francesa, en diciembre de 1788, creó pánico entre las clases dirigentes españolas y produjo un retroceso en las intenciones reformistas del gobierno, quedando paralizadas todas las actuaciones previstas. En 1795, acabada

---

[46] J. F. FORNIÉS, 1978, p. 410.

[47] J. M. LÓPEZ PIÑERO, 1983, 1, pp. 292-293.

[48] *Sesamum indicum*. Planta herbácea anual proveniente del Extremo Oriente y de cuyas semillas se extrae un aceite comestible de alta calidad.

[49] *Relación de los experimentos de agricultura hechos en Zaragoza en el año 1797 [y 1798], acerca del cultivo y rendimiento en pan de diferentes especies de trigo, por D. Ignacio Asso del Río,* Zaragoza, Mariano Miedes, 1797-1798, 2 folletos (43 y 16 pp.).

la guerra de la Convención con Francia, alejados los motivos de una posible desestabilización del sistema y restablecida la confianza en la monarquía absoluta, se reemprendieron aquellas iniciativas, comenzando una segunda etapa ilustrada que duraría hasta el inicio de la guerra de la Independencia en 1808 y el exilio de Carlos IV.

Por una real orden de 18 de diciembre de 1805[50] y real decreto de marzo de 1806, Carlos IV ordenaba la creación de institutos normales de agricultura práctica en veinticuatro capitales de provincia. Se pretendía que en estos centros «se ensayasen los descubrimientos, métodos, utensilios e instrumentos nuevos que nos llegasen de otras partes y donde se instruyese a los alumnos en la fisiología vegetal, en el discernimiento de los terrenos, en los medios de fecundarlos según sus cualidades y mejorar sus producciones»[51]. Los profesores deberían formarse en la cátedra del Real Jardín Botánico de Madrid, y sus gastos serían sufragados en parte por los alumnos. No obstante, el inicio de la contienda en 1808 sólo permitió inaugurar la cátedra de agricultura de Madrid (que funcionó durante toda la guerra de la Independencia), la de Sanlúcar de Barrameda y la Escuela de Botánica y Agricultura de Barcelona, que no pudo iniciar su actividad hasta después de la contienda.

La cátedra de agricultura del Jardín Botánico de Madrid comenzó a impartir sus enseñanzas en 1807. Las clases corrieron a cargo de Claudio Boutelou, jardinero mayor y segundo profesor de botánica del centro[52], y se mantuvieron, en esta primera etapa, durante la ocupación de la capital hasta 1814. Al final de la guerra el profesor Boutelou fue despedido por su condición de afrancesado, refugiándose en Alicante.

No obstante, la realización más ambiciosa en el campo botánico y agronómico de la segunda etapa de la Ilustración española fue el Jardín de Plantas y Animales Exóticos "Príncipe de la Paz", de Sanlúcar de Barrameda[53]. Los orígenes del jardín se remontan a la petición que Manuel Godoy hizo a la Sociedad Económica de Sanlúcar para que aclimatase unas semillas de argán[54] que le había entregado el cónsul español en Marruecos. A la vez, recomendaba que se estableciese una huerta para la aclimatación de las plantas llegadas de ultramar. Posteriormente, y con el mismo fin, envió a Sanlúcar semillas de *Lawsonia inermis* y *Thuja articulata,* que se aclimataron adecuadamente en el huerto del convento de monjas de Regina Caeli, que la Sociedad alquiló, ampliado con un terreno contiguo de propiedad municipal.

Aprovechando la orden del gobierno de diciembre de 1804, determinando el establecimiento de veinticuatro jardines botánicos en diferentes puntos de la Penín-

---

50 «Real Orden de 18 de diciembre de 1805», *Semanario de Agricultura y Artes dirigido a los párrocos*, 489, 1806, pp. 305-310.

51 M. GODOY, 1956, pp. 143-144.

52 M. COLMEIRO, 1875, pp. 35-61.

53 El Jardín de la Paz de Sanlúcar ha sido estudiado por Antonio CABRAL: *Agronomía, agrónomos y fomento de la agricultura en Cádiz. 1750-1855*, Cádiz, 1995.

54 *Argania sideroxilum*. Árbol originario de África, de cuyo fruto se extrae aceite.

sula, la Sociedad Económica solicitó que se otorgase esta consideración a su campo de aclimatación. Su petición fue atendida y en mayo de 1805 se autorizaba la creación del jardín botánico sanluqueño. El problema principal fue la financiación. Después de algunas propuestas y contrapropuestas se autorizó, gracias a la influencia de Godoy, que los costes fueran asumidos por un porcentaje de los arbitrios que se cobraban a los granos de importación desembarcados en los puertos andaluces.

La misión del jardín botánico era procurar el aumento de la producción agraria e industrial, así como la mejora de la salud pública, «debiendo el referido establecimiento ser un semillero, o llamándolo mejor, un almacén general, que pueda proporcionar a los pueblos del Reino y a los particulares las producciones más preciosas y menos comunes»[55].

La dirección recayó en una comisión de la Sociedad Económica sanluqueña compuesta por Francisco Terán, Juan Antonio Martínez y Francisco de Paula Rodríguez. El diseño del recinto se encomendó a Esteban Boutelou, y en agosto de 1806 se contrató un jardinero mayor. Como catedrático de agricultura se propuso primero a Mariano Lagasca y después a Donato García, que renunciaron al cargo, este último al acceder a la dirección del Jardín de Tenerife. Finalmente se nombró a Simón de Rojas Clemente director del centro.

El jardín se dividió en ocho partes, distribuyendo en ellas los diferentes tipos de cultivos. Además de la zona edificada que albergaba la escuela, había otras diversas dedicadas al cultivo de cereales y a la experimentación de nuevas variedades, prados artificiales, variedades de vides, plantas industriales y plantíos de árboles frutales y de madera. Finalmente, existía una zona con invernaderos para la aclimatación de vegetales exóticos. Entre sus objetivos también se preveía la mejora y propagación del ganado caballar y lanar.

El jardín, que se equipó con material de cultivo moderno, donado por un hacendado sanluqueño y por los militares, realizó numerosos trabajos de investigación. En 1808 se habían plantado 25.000 árboles, como indica el inventario realizado en 1809, y una colección completa de vides andaluzas y diez especies de trigo[56].

En 1808, Francisco Terán[57] publicó un plan de enseñanza en el que se regulaban los estudios de agricultura del jardín sanluqueño que debía impartir Simón de Rojas Clemente. Según Antonio Cabral, que ha estudiado en detalle este documento, a diferencia de las enseñanzas impartidas en el Jardín de Madrid, el plan relegaba a un segundo plano el estudio teórico de la botánica, la sistemática y las aplicaciones medi-

55 F. ROMERO: «Discurso pronunciado en la Sociedad sanluqueña en Enero de 1807», manuscrito. Repr. en A. CABRAL, 1995, p. 58.

56 A. CABRAL, 1995, pp. 59-61.

57 F. TERÁN: *Plan de la enseñanza de la agricultura y botánica aplicada a ella, que se establece por la Junta del Real Jardín de la Paz de Sanlúcar de Barrameda, bajo la dirección de Simón de Roxas y Clemente*, [sl], [si], [1808].

cinales de las plantas, e insistía en la necesidad de priorizar el estudio de las especies alimenticias, tanto para el hombre como para los ganados o las plantas industriales. Para el acceso a los cursos no se impusieron condiciones de entrada, a excepción del conocimiento de la lengua y la escritura castellana. El curso, de una duración prevista de seis meses, se preveía básicamente de carácter teórico, aunque complementado con excursiones quincenales para conocer las prácticas rurales del entorno.

Las actividades docentes apenas duraron cuatro meses, pues al inicio de la guerra se organizó un motín popular, a semejanza del acaecido en Aranjuez, contra Godoy, que destruyó parte de las dependencias del establecimiento.

IV

Las aportaciones técnicas de los agrónomos españoles

Las actuaciones de las instituciones ilustradas, como la publicación de monografías técnicas, la concesión de premios al cultivo de nuevas especies, la creación de cátedras agrícolas y jardines botánicos donde realizar estudios e investigaciones y la formación de hacendados en los nuevos principios agronómicos, así como la política sobre la educación agrícola de las clases populares, perseguían en última instancia la modernización de la agricultura española.

Si bien es cierto que la intensificación de los cultivos y el incremento de la productividad no se generalizarían hasta bien entrado el siglo XX, ya desde el Setecientos se realizaron numerosas propuestas en este sentido. Como se ha indicado, los agrónomos ilustrados se interesaron por todos los aspectos relacionados con la "nueva agricultura" que se estaba elaborando en el resto del continente.

Por razones de espacio no entraremos a detallar las numerosas propuestas que se realizaron durante la Ilustración; nos centraremos en desarrollar algunos ejemplos significativos, como la alternancia de cultivos, el fomento de la patata como alimento humano, los nuevos métodos para la cosecha de los cereales y los proyectos de mecanización en el campo.

IV.1. La alternancia de cultivos

A comienzos del siglo XVIII, el sistema productivo dominante para los cereales, en la España sometida al clima seco, era el denominado de "año y vez". Este sistema consistía en el cultivo de un cereal de invierno, principalmente trigo, que se plantaba en noviembre y se cosechaba en agosto. Una vez recolectado el trigo se dejaba la tierra con los rastrojos durante unos siete meses, hasta marzo del año siguiente, y posteriormente se la dejaba reposar en estado de barbecho blanco durante ocho meses, hasta noviembre, en que volvía a comenzar el proceso.

Los campos, por lo general, estaban cercados para evitar la destrucción de los cultivos por el ganado, aunque se abrían una vez recogido el trigo para facilitar su

acceso, que comía los rastrojos y a la vez abonaba los campos con sus excrementos. Este proceso se denominaba "ganado en derrota de mieses".

Así pues, cada año se disponía sólo de una mitad de la superficie cultivada mientras que la otra se encontraba en barbecho. El ciclo completo duraba dos años, en los cuales sólo se obtenía una cosecha, por lo que la productividad era muy baja[58].

En la España húmeda, la introducción del maíz como sustitutivo del trigo permitió una cierta intensificación de los cultivos. El maíz se alternaba con el cultivo de la alubia blanca, que fija nitrógeno atmosférico al suelo, abonándolo. Además, la rastrojera del maíz es de volumen superior al del trigo, lo que permitía un aumento de la cría de ganado que redundaba en una mayor fertilización del terreno. Este sistema consiguió hacer desaparecer los ocho meses de barbecho absoluto, obteniéndose dos cosechas en dos años, una de maíz y otra de alubias. En este sentido, informaba en 1766 la Sociedad Vascongada de Amigos del País «que tiene sobre todas las academias económicas la ventaja de tratar con gentes más instruidas y menos preocupadas que las de otras partes»[59] cuando explica el sistema de cultivo dominante en la región y en el que se alternaban trigo, habas y maíz.

También en Cataluña estaba bastante extendida la alternancia de cosechas. Manuel Barba, en una memoria presentada a la Academia de Ciencias y Artes de Barcelona en 1787, informaba que

> «segadas estas plantas [los cereales], se siembra el mijo, judías, maíz, etc., en tierras de regadío o lluviosas y en el llano de Vique [sic] presenta un testimonio de las ventajas de este cultivo, pues apenas se deja descansar la tierra en cuatro años»[60].

Los ilustrados españoles eran conscientes de la baja productividad de los campos del país, especialmente los de secano, y sus propuestas estuvieron principalmente encaminadas a superar esta merma que afectaba de forma importante a la economía. Propugnaban reducir o suprimir el barbecho y las rastrojeras, mejorar los sistemas de cultivo, aumentar el nivel de fertilización del suelo y modernizar los aperos y máquinas agrícolas. Sus ideas sobre la alternancia de cultivos y la desaparición del barbecho estuvieron muy influidas por las traducciones de las obras que al respecto publicaron Jethro Tull, Duhamel de Monceau y Henri Patullo en sus respectivos países. Este último proponía una rotación de cultivos de seis años, en los que alternaba el trigo con pastos artificiales como el trébol (*Trifolium pratense*), la mielga (*Medicago sativa*) o el pipirigallo (*Onobrychis sativa*). Este sistema reducía el barbecho a un 7 % del total y en los seis años se conseguía aumentar el número de cosechas.

---

58 J. LÓPEZ LINAGE, 1989, pp. 18-27.

59 «Cultivo de las tierras para granos», en *Ensayo de la Sociedad Vascongada de Amigos del País en el año de 1766*, Vitoria, Tomás de Robles, 1768.

60 M. BARBA: «Observaciones generales sobre el actual estado de la Agricultura en Cataluña (1787)», en J. IGLESIES, 1964, pp. 25-33.

Estas leguminosas fueron estudiadas por los agrónomos españoles, como demuestra la memoria que Antonio Palau, profesor del Jardín Botánico, leyó en la Junta de la Sociedad Económica de Madrid, en abril de 1777, sobre «la planta llamada pipirigallo»; una vez hecha su descripción botánica detallada, indicaba que «prevalece bastante en cualquier suerte de tierra», por lo que la prefería a otros pastos, y que en el «discurso del invierno se pudren las raíces y dan a la tierra un apreciable abono»[61].

También se hicieron propuestas de nuevos forrajes no utilizados en la Europa del norte, como la planta «anthoxantum o flor de flores»[62], que «siendo indígena de España y especialmente abunda en Cataluña [...] bien puede conjeturarse la utilidad grande que había de resultar para el ganado, si de ella se formasen abundantes prados artificiales»[63].

Las experiencias que se realizaron en España fueron concretando las especies vegetales que mejor se adaptaban a cada tipo de suelo y régimen climático. Las alternativas propuestas eran cada vez más complejas, con unas rotaciones más largas. Como ejemplo podríamos citar las propuestas que hace Antonio Sandalio de Arias ya en los primeros años del siglo XIX. Este autor diferencia tipos de suelos y climas, proponiendo para los climas cálidos y en terrenos de secano alternativas a cinco o seis años, en los que combina el trigo como cultivo principal con cosechas de leguminosas, alternando forrajes para el ganado como almortas (*Lathirum sativa*), yeros (*Vicia erbilia*), cebada (*Hordeum sp*), algarrobas[64] (*Vicia sativa*), avena (*Avena sativa*) o guisantes y garbanzos para el consumo humano.

Para los terrenos de clima más lluvioso pero de secano y los de regadío, reduce la rotación a tres años e introduce otras especies como las patatas, las habas o las zanahorias.

No obstante, costó mucho que la alternancia de cultivos se generalizase en España por causas de carácter social y económico y también por el régimen de lluvias, muy inferior al inglés. Según López Linaje[65], hasta mitad del siglo XIX no se difundió este sistema, con el uso de nuevos vegetales, especialmente la patata como cultivo alternante del cereal de invierno.

---

61 A. PALAU: «Memoria sobre la planta llamada pipirigallo, leída en Junta de 29 de Abril de 1777», en *Memorias de la Sociedad Económica*, Madrid, Sancha, vol. I, 1780, pp. 104-107.

62 Se refiere a la gramínea *Anthoxanthum odoratum L.*

63 A. PALAU: «Memoria sobre la planta anthoxantum, o flor de flores, leída en Junta de 29 de Abril de 1777», en *Memorias de la Sociedad Económica, Madrid*, Sancha, vol. I, 1780, pp. 108-110.

64 También denominada veza, alverja o arveja.

65 J. LÓPEZ LINAGE, 1989, p. 31.

Propuesta de Antonio Sandalio de Arias sobre diferentes alternativas de cosechas según el terreno y el clima

		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
Tierras secano Clima cálido	1	Barbecho	Trigo	Almortas	Cebada y barbecho	Trigo	Algarrobas
	2	Centeno	Algarrobas	Trigo	Yeros	Avena	Garbanzos
	3	Habas	Trigo	Forraje	Almortas	Garbanzos	
	4	Avena	Guisantes	Trigo	Habas	Garbanzos	
Tierras de secano Clima fresco	1	Trigo	Guisantes	Trébol			
	2	Patatas	Trigo	Zanahoria			
	3	Algarrobas	Trigo	Judías			
	4	Habas	Cebada	Nabos			
	5	Trigo	Habas	Trigo			
Terrenos de regadío	1	Trigo y altramuces	Trigo y nabos	Maíz, mijo o melca			
	2	Habas y judías	Cebada y patatas	Cebada y judías			
	3	Lino y zanahoria	Maíz y forraje	Forraje y patatas	Cebada o trigo		
	4	Forraje y maíz	Trigo y alforfón	Trigo y forraje	Sorgo y zanahorias		

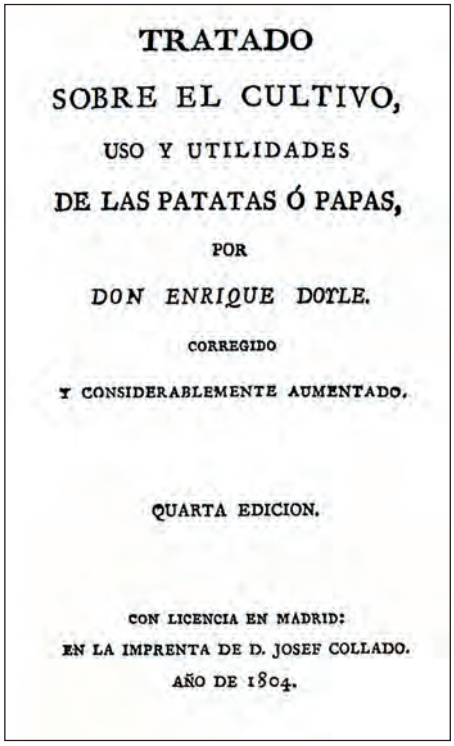
Elaboración propia a partir de ARIAS, 1818.

IV.2. La introducción y el fomento de nuevos cultivos alimenticios. El caso de la patata

La patata (*Solanum tuberosum*) fue traída desde América e introducida en Europa en la década de 1560 y posteriormente reintroducida en 1565, 1584 y 1596, en que fue estudiada por el botánico inglés Girard[66]. A pesar de que en 1663 la Royal Society hizo una gran campaña divulgativa, su cultivo no se extendió por el continente hasta la segunda mitad del siglo XVIII.

En 1785 el boticario Antoine Auguste Parmentier entregó al rey Luis XVI y su esposa María Antonieta un ramo de flores malvas de patata que lucieron públicamente para inducir a su consumo. Una anécdota que ilustra el interés de los estados europeos para fomentar el consumo de la patata fue su cultivo en las huertas del rey de Francia. Desde el mismo momento de la siembra los campos fueron vigilados por el

[66] Según el irlandés Dillon, la patata fue introducida en Europa a través de Galicia y de allí pasó a Irlanda y al resto de Europa (C. y E. BOUTELOU, 1801, p. 307).


TRATADO
SOBRE EL CULTIVO,
USO Y UTILIDADES
DE LAS PATATAS Ó PAPAS,
POR
DON ENRIQUE DOYLE.
CORREGIDO
Y CONSIDERABLEMENTE AUMENTADO.
QUARTA EDICION.
CON LICENCIA EN MADRID:
EN LA IMPRENTA DE D. JOSEF COLLADO.
AÑO DE 1804.

9.8. El cultivo de la patata (*Solanum tuberosum*) y su incorporación a la dieta humana fue una de las prioridades de los ilustrados *(J. J. Plenck:* Icones Plantarum Medicinalium, *1788). La obra de Enrique Doyle fue el principal texto que se publicó en la España ilustrada sobre el cultivo de la patata.*

ejército. El hecho poco común de proteger los cultivos con gente armada alertó a los campesinos de la zona que sobrevaloraron el tubérculo cultivado. El día anterior a la recolección Parmentier dio orden de retirar la vigilancia para facilitar el robo de las patatas comentando que "cada ladrón será un prosélito". Como estaba previsto el campo fue saqueado, y desde entonces su consumo se extendió rápidamente entre los franceses.

En España, a finales del Setecientos, su cultivo era minoritario, a excepción de las Islas Canarias, y se utilizaba como alimento de los cerdos, aunque también «la gente pobre hace con ellas su potaje y los ricos hacen de ellas platos sabrosos y delicados». No obstante, era conocido en Galicia[67], Salamanca, la Mancha y otras regiones[68]. En

[67] Los monasterios de Galicia plantaron patatas para mitigar las hambrunas de 1730 y 1735 producidas por las epidemias sufridas por los castaños.

[68] Según el Censo de la Riqueza Territorial e Industrial de España de 1799.

Cataluña, en 1787, se cultivaba en las comarcas limítrofes con Francia, y en cambio era prácticamente desconocido en el sur del Principado[69].

Para los agrónomos y políticos españoles era muy importante que los campesinos adoptasen este cultivo. Además de su escaso coste, sus características agronómicas le permitían sustituir fácilmente a los cereales en las épocas de hambrunas y malas cosechas:

> «A principios de mayo, que es cuando regularmente se declara buena o mala la cosecha de granos, aún es tiempo de plantar la patata, con la seguridad de no estar expuesta a perderse por malos aires, tempestades, granizo y langosta como los granos»[70].

La dificultad de extender este cultivo como alimento humano se debía a la creencia generalizada de que su consumo era nocivo. Los hermanos Boutelou, en su *Tratado de la Huerta* de 1801, indican a este respecto:

> «Ha existido en algunas provincias de España la preocupación demasiado arraigada, de que la patata era mantenimiento dañoso, y que su uso diario causaba lepra y disenterías a los que la comían»[71].

Según Simpson, su expansión estuvo favorecida por las hambrunas, como el caso de las malas cosechas en Galicia de 1768-69, o la escasez de alimentos que produjo la guerra de la Independencia[72].

Algunos agrónomos tuvieron un empeño notable en expandir este tubérculo en sus regiones. Cabe destacar el papel del catalán Manuel Barba, que introdujo su cultivo en el Penedés y a quien la malicia pública acabó dando el sobrenombre de "Doctor Patata"[73], o el del terrateniente aragonés Pedro Pablo Pomar, que en 1786 realizó la primera plantación a gran escala que se realizó en Aragón[74].

Desde un punto de vista técnico las actuaciones se centraron en la divulgación de esta especie mediante libros y folletos. Los textos informaban de las diferentes variedades del tubérculo, daban las instrucciones sobre su cultivo e incluían numerosas recetas culinarias, entre ellas la posibilidad de hacer pan, mezclando cereales y patata.

Cabe destacar el *Tratado sobre el cultivo, uso y utilidades de las patatas* de Enrique Doyle, del que se realizaron cuatro ediciones[75]. Claudio y Esteban Boutelou también se preocuparon de este vegetal describiendo sus variedades en artículos del

---

69 M. OLIVERAS Y DE PLANA: «Memoria sobre la patata, leída en la Real Academia de Ciencias de Barcelona», 1787, manuscrito.

70 E. DOYLE: «Tratado sobre el cultivo, uso y utilidades de las patatas o papas (1799) (extracto)», en Ll. ARGEMÍ, 1988, p. 284.

71 C. y E. BOUTELOU, 1801, p. 308.

72 J. SIMPSON, 1997, p. 116.

73 J. IGLESIES, 1964, p. 6.

74 J. PIQUERAS, 1992, p. 109.

75 Se conocen las ediciones de 1785, 1799 y 1804.

Semanario de Agricultura y Artes (1797, 1804)[76]. La Sociedad Vascongada redactó, en 1777, una memoria sobre las posibilidades de la patata[77] y en 1799 publicó un resumen de los escritos de Parmentier y Rozier dando instrucciones de su cultivo[78]. Del mismo modo, la Sociedad Aragonesa publicó en 1798 un folleto para repartir entre los labradores[79], y aparecieron numerosos artículos en el *Semanario de Agricultura y Artes*, especialmente referidos al fomento de la patata en Castilla[80]. Su difusión se basó principalmente en premios.

IV.3. Los nuevos métodos de cultivar la tierra

Otro aspecto que preocupaba a los agrónomos eran las técnicas utilizadas en el proceso de obtención de las cosechas. No sólo se trataba de buscar las especies más productivas y su combinación adecuada sino también de mejorar las rutinas tradicionales, basándose en los nuevos conocimientos científicos sobre la alimentación de las plantas. Principalmente, el interés se centró en la siembra, la distribución de los cultivos en el terreno, la eficacia de los arados, la siega y la trilla.

En la segunda mitad del XVIII la ciencia agronómica introdujo en España las técnicas de experimentación. Si bien es cierto que en muchas ocasiones los ensayos no evaluaban todas las variables posibles, se realizaron diversos experimentos comparativos para encontrar aquellos métodos que permitiesen un mayor rendimiento agrícola a un menor coste.

La primera investigación sistemática de que se tiene conocimiento fue la realizada por Agustín Cordero en 1773 y 1774 sobre el método de cultivo por bandas, propuesto por Duhamel de Monceau, que aumentaba los rendimientos del trigo y la cebada respecto del sistema tradicional[81]. El sistema consistía en «sembrar las tierras en órdenes de tres filas de plantas», y entre éstos dejar «como cuatro pies de tierra sin grano, que es lo que se llama intermedio»[82]. Al año siguiente se sembraban los inter-

---

[76] C. y E. BOUTELOU: «Sobre plantas y hierbas de los prados de Inglaterra», *Semanario de Agricultura y Artes*, Madrid, vol. II, 1797, n.º 40, pp. 197-203, y vol. XV, 1804, n.º 372, pp. 97-105, cit. en A. RODRÍGUEZ QUIROGA, 1989, pp. 1988-1989.

[77] J. PIQUERAS, 1992, p. 108.

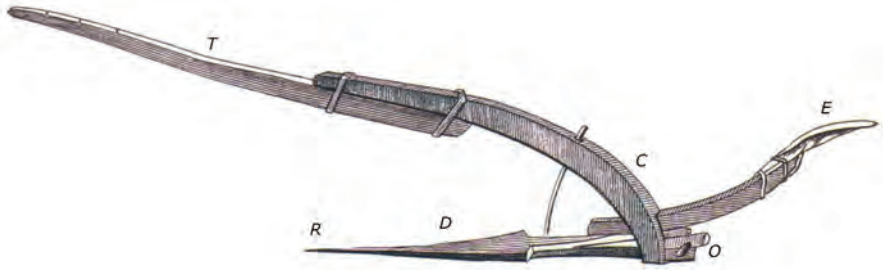
[78] *Extracto de las Actas de la Junta de individuos de la Real Sociedad Cantábrica, residentes en Madrid desde 19 de Agosto de 1798 hasta 27 de Diciembre de 1799*, Madrid, Marín, 1800.

[79] J. PIQUERAS, 1992, p. 110

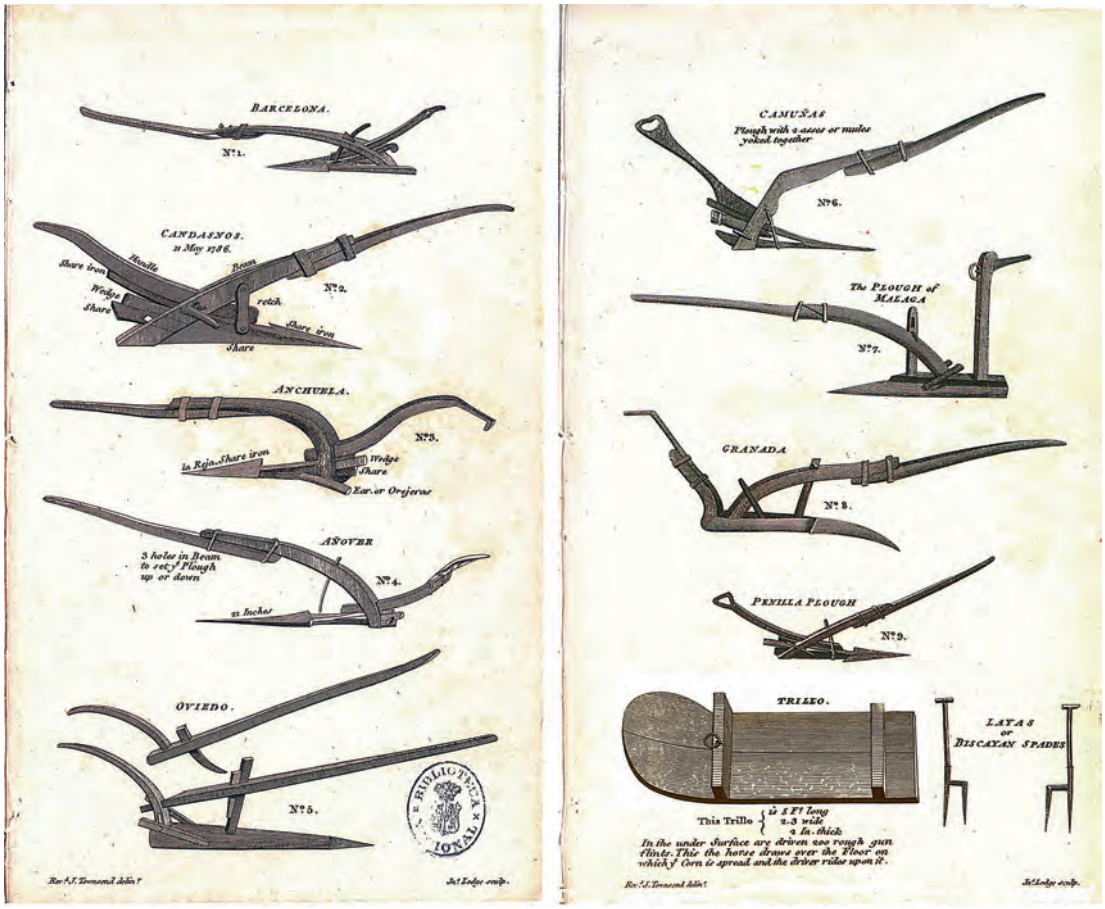
[80] J. Piqueras cita los siguientes artículos aparecidos en el *Semanario de Agricultura y Artes* que tratan sobre la patata: vol. II, 1797, p. 68; vol. III, 1798, pp. 64 y 319; vol. IV, 1798, p. 111; vol. VI, 1799, p. 401.

[81] «Memoria de Don Agustín Cordero sobre el método de sembrar trigo en bandas, leída en Junta de 19 de noviembre de 1776», en *Memorias de la Sociedad Económica de Madrid*, Madrid, vol. I, pp. 53-64.

[82] A. CORDERO: «Memoria sobre el nuevo método se sembrar trigo en vandas [sic]» (1776), en *Memorias de la Sociedad Económica*, Madrid, Sancha, 1780, vol. I, pp. 53-64.



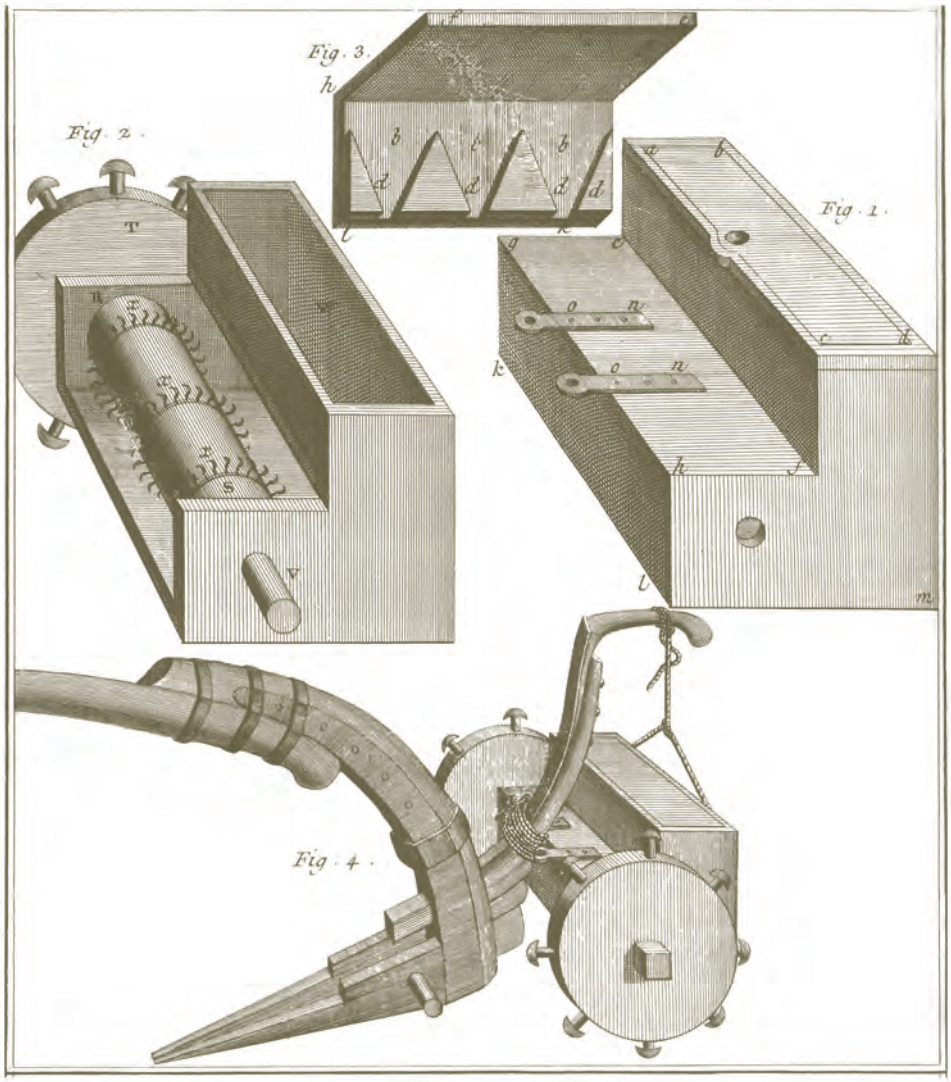
9.9. Partes del arado romano o común: *R, reja; D, dental; O, orejeras; C, cama o telera; E, esteva; T, timón.*



9.10. Diferentes modelos de arados comunes utilizados en España durante el siglo XVIII *(J. Townsend:* A journey through Spain in the years 1786 and 1787, *London, C. Dilly, 1791) (Bibl. Cartoteca de Catalunya, Barcelona).*

medios y se dejaba descansar las bandas cultivadas. El secreto del método estribaba en que se debían mantener las zonas no sembradas limpias de malas hierbas y con la tierra desmenuzada.

Los experimentos se realizaron durante dos temporadas en el Cerro de San Blas, en Madrid, en una superficie de unas 28 ha. A partir de los resultados obtenidos, Cordero estableció un marco teórico en el que resultaba claramente más rentable el



9.11. Sembradora de Joseph Lucatello, inventada en 1663 durante el reinado de Felipe IV. *Fue una de las primeras máquinas agrícolas que se diseñaron, siendo muy conocida entre los ambientes ilustrados europeos. Ilustración reproducida de la Enciclopedia francesa (*Recueil de planches, sur les Sciences, les Arts Libéraux et les Arts Méchaniques, avec leur explication*, París, [s.d.]).*

"nuevo método" que el tradicional, en una proporción de 6,89 a 24,63 por fanega sembrada. También demostraba que la siembra a voleo desperdiciaba gran cantidad de semilla, mientras que usando el método de chorrillo se ahorraba casi un 90 % de ella. En todo caso, atendiendo a la realidad social española, no llegó a proponer el uso de la sembradora.

La creencia generalizada de que el cultivo por bandas requería mucha mas dedicación a las labores también fue desmentida por este estudio, que demostró que el volumen de trabajo era un 12 % menor que siguiendo el método tradicional de cultivo.

En la misma época, en las propiedades reales de Aranjuez también se experimentaron las nuevas teorías agronómicas. El propio Carlos III seguía con interés los métodos que se utilizaban y los rendimientos obtenidos. El 17 de septiembre de 1773 se comunicó en nombre del rey al director de las explotaciones reales que «disponga que a lo menos la mitad del trigo que se ha de sembrar este año en el Real Cortijo de secano o en regadío sea precisamente según el referido método en vandas [sic] a la moda de Madrid»[83].

Durante varios años se cultivaron campos según los dos sistemas, comparando los rendimientos. Los resultados no fueron tan ventajosos como en las experiencias de Cordero, siendo en los años 1772, 1773 y 1774 ligeramente positivos mientras que en 1775 y 1776 la productividad fue inferior a la conseguida por el sistema tradicional. A la vista de estos resultados se abandonó la idea de cultivar según el nuevo método, ya que sólo unos altos rendimientos hubiesen justificado la rápida adopción de las innovaciones y el abandono del sistema tradicional.

A pesar de haber conseguido algunos resultados positivos, es lógico que el sistema no se hubiese generalizado. Las propuestas de Duhamel estaban pensadas para climas más húmedos que el predominante en España, y para suelos que se reconstituían más rápidamente después de las cosechas. Además, este sistema obligaba al cultivo simultáneo de prados artificiales para uso de forraje, ya que desaparecía la derrota de mieses, que era el sistema tradicional de alimentación del ganado.

IV.4. La mecanización en el campo

Para llevar a cabo las nuevas formas de laboreo y la trilla posterior, se hizo imprescindible modificar el utillaje tradicional, especialmente el arado, e inventar máquinas nuevas y aperos que mejorasen y facilitasen las labores. Más que el ahorro en el esfuerzo humano se pretendía un aumento en la productividad. Los diseños fueron variando en función de las teorías que se iban elaborando sobre la nutrición vegetal, la composición de los suelos o el comportamiento de los abonos. Se producía una interacción entre ciencia y técnica superando el empirismo que había prevalecido hasta entonces.

---

83 «Carta en que se comunican las órdenes del Rey al director de los cultivos de Aranjuez». Reproducida en Á. GARCÍA SANZ, 1974, pp. 48-49.

Hasta la segunda mitad del Setecientos, el apero más utilizado en Europa era, sin duda, el arado romano, que había sufrido escasas modificaciones desde su invención. En esta época se propusieron correcciones para conseguir mayor profundidad en las labores y facilitar el volteo y la mezcla de la tierra. El principal cambio en la estructura del arado romano fue, pues, la incorporación de la vertedera, que permitía roturar la tierra volteándola en el mismo momento.

La invención en 1731 de una nueva sembradora –adaptación de la construida en 1663 por el español José Lucatello[84]– por Jethro Tull, que fue mejorada en 1782, y la difusión en Gran Bretaña, desde 1767, de un nuevo modelo de arado procedente de los Países Bajos, con un armazón triangular y vertedera recubierta de hierro, representaron el inicio de la mecanización de la agricultura. En 1789, a partir de este modelo, Robert Ramsomes de Ipswich desarrolló un nuevo arado totalmente de hierro con la reja acerada, desmontable y que permitía un fácil recambio de las piezas. También, en 1784 se construía en Escocia una máquina para separar el grano de la paja, y en 1800 aparecía la primera segadora mecánica equipada con cuchillas, construida por Robert Mears en Somersetshire, que sirvió de prototipo para las segadoras posteriores[85].

Durante el reinado de Carlos III hubo un gran interés entre los ambientes agronómicos por las máquinas que iban apareciendo en el mercado europeo. Se importaron algunas, pero, a pesar de los buenos rendimientos conseguidos por varios modelos, no se extendió su uso. Son los casos de los arados adquiridos en la Lombardía que se experimentaron en el Cortijo Real de Aranjuez con buenos resultados, o del arado inglés Moore, de ruedas, que ensayó la Real Sociedad Matritense cerca de la puerta de Atocha y que resultó complicado de manejo y caro de construcción. El marqués de Cifuentes hizo una réplica que le costó 2.500 reales[86]. También importaron algunos modelos extranjeros las Sociedades Económicas Vascongada y Aragonesa.

En 1807 Jacobo Gordon, hacendado de Jerez de la Frontera, compró en Escocia un arado Small con el que, una vez experimentado en sus propiedades, hizo demostraciones ante la Corte. Este mismo año, Eusebio Bardají y Azara, ministro ante el rey en Cerdeña, adquirió también un arado boloñés sobre ruedas que, aunque muy pesado, tenía algunas ventajas, como su escaso coste y su fácil fabricación[87].

Los ilustrados españoles no sólo se preocuparon por conocer la maquinaria agrícola desarrollada en los países de nuestro entorno, sino que hicieron aportaciones concretas para mejorar los aperos tradicionales. Además de la sembradora inventada

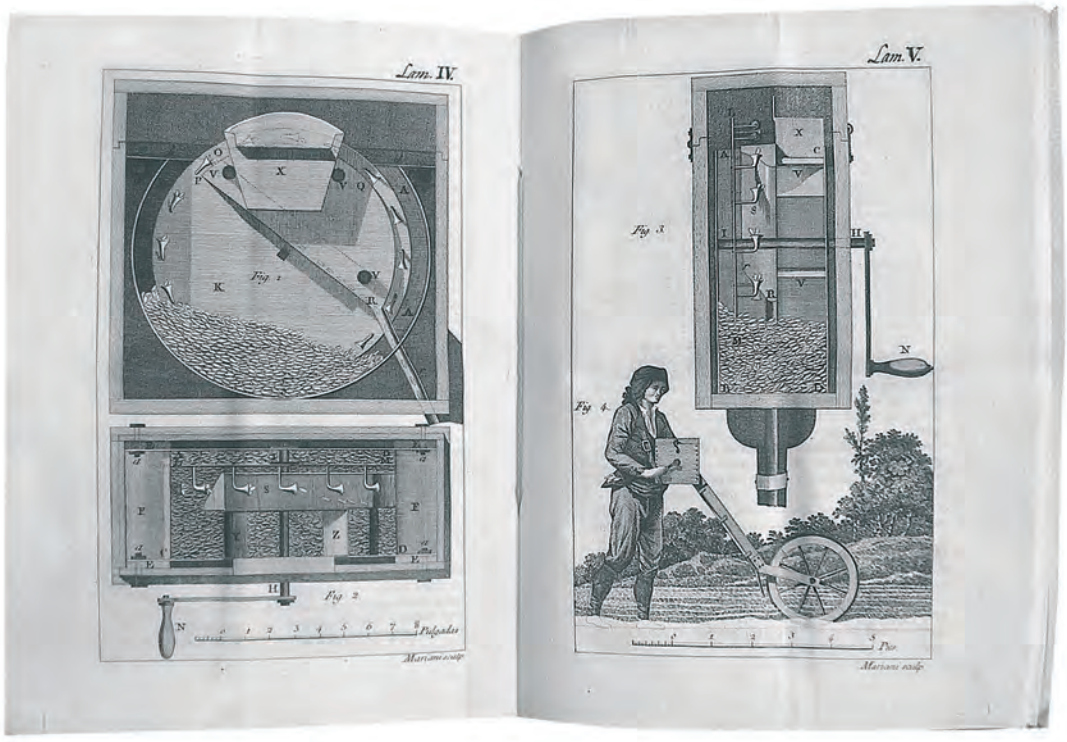
---

84 La sembradora de Lucatello fue descrita en las *Philosophical Transactions*, revista vinculada a la Royal Society de Londres, en 1670 por Juan Evelyn.

85 T. K. DERRY, 1980, p. 989.

86 B. ANTÓN, 1865, p. 481.

87 A. S. de ARIAS, 1818, I, p. 170; C. y E. BOUTELOU, 1817, p. 40. Repr. en J. LÓPEZ LINAGE, 1989, p. 66.



9.12. Sembradora de Pascual Asensio. Semanario de Agricultura y Artes dirigido a los Párrocos, *Madrid, II, 1798). (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza; fot.: M.S.S.)*

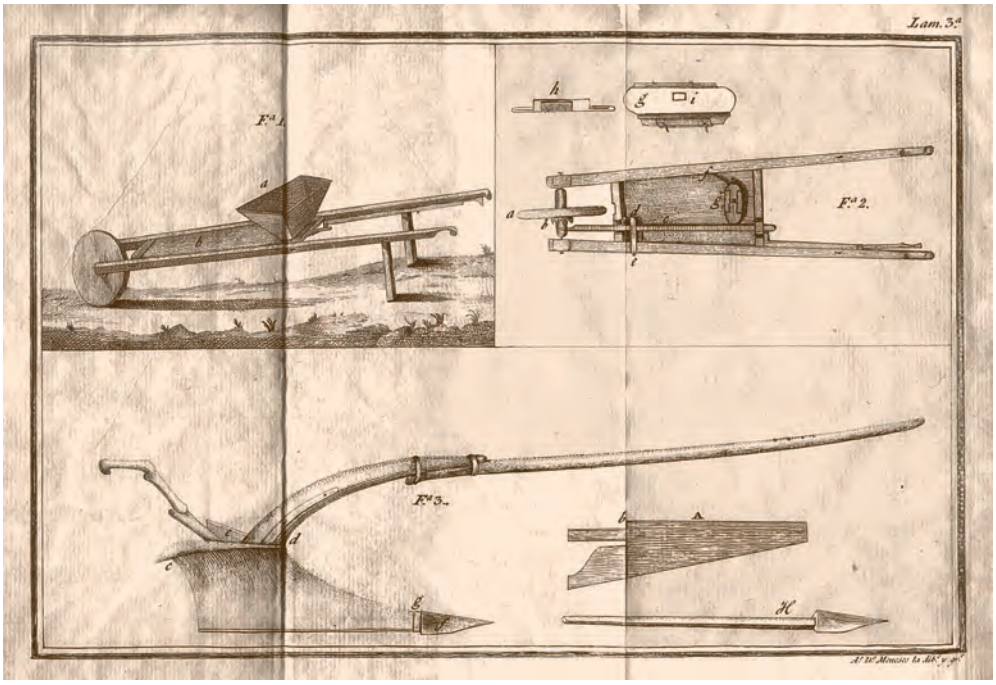
en el siglo XVII por José Lucatello, cabe destacar las modificaciones realizadas a los arados por Agustín Cordero, Salvador de Cárdenas y Antonio Regás, la sembradora de Vicente Asensio, los trillos de Lucas Vélez y Juan Álvarez Guerra y el volvedor de Manzanares.

Agustín Cordero, al evaluar los experimentos realizados en 1771 y 1772 sobre el cultivo del trigo[88], criticaba el arado común y lo consideraba «bastante imperfecto para romper y desmenuzar la tierra». Después de un análisis técnico detallado sobre la geometría, disposición y distancias entre las diferentes piezas concluía que el arado era «un instrumento inepto para remover la masa de tierra»[89] de manera eficaz.

Para conseguir mezclar completamente el sustrato, proponía un cambio en la disposición de la reja del arado, así como «ensanchar los lados de la reja hasta que salgan del dental tanto, cuanto salen las orejeras, es cosa fácil y de cortísimo importe». Esta necesidad de voltear la tierra la fundamentaba en las teorías científicas que sobre

88 A. CORDERO, 1780, pp. 53-54.

89 A. CORDERO, 1780, p. 54. Para facilitar la lectura se ha modernizado la ortografía de las citas literales.



9.13. *1 y 2)* ***Sembradora Regás:*** *a. tolva; b. carrito; c. palanca para abrir la compuerta; e. regulador del grano; f. muelle; 3)* ***Arado de Regás:*** *A. dental; c. vertedera; f y H. reja (Antonio Sandalio de ARIAS Y COSTA:* Lecciones de Agricultura*, 2.ª ed., Madrid, Fuentenebro, 1818) (Bibl. Jordi Cartañà).*

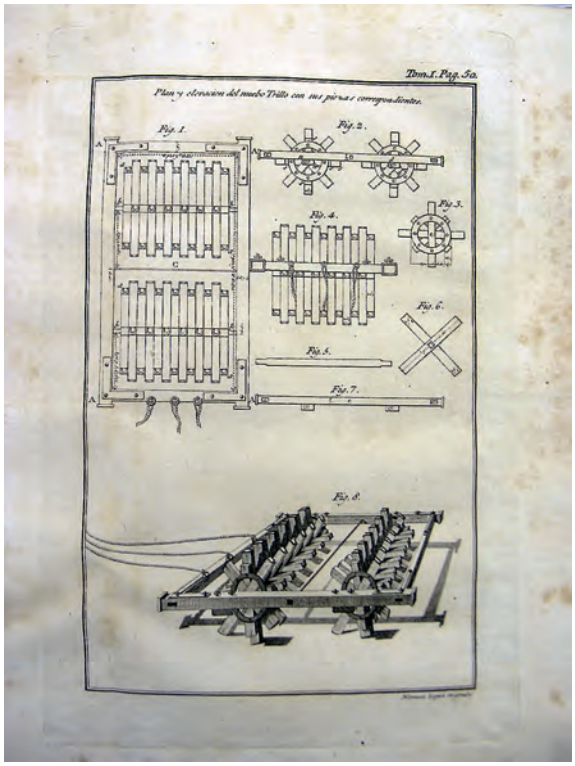
la nutrición vegetal imperaban en aquel momento. El autor, aun reconociendo sus limitaciones,

> «está persuadido que su fecundidad [de la tierra] procede de que el tocamiento de la atmósfera, la impregna, y llena de partes propias para la vegetación, y que labrando no se hace más que sacar del fondo tierra infecunda, subrogando en su lugar la ya fértil, me parece que aquella labor que expone más tierra al descubierto, logra también fecundizar más tierra»[90].

También el agricultor sevillano Salvador de Cárdenas, en 1775, consideraba que la obtención de buenas cosechas dependía principalmente de las labores de la labranza. Basaba sus propuestas, igual que Cordero, en las teorías de la nutrición vegetal. La tierra «hay que reducirla en tenuísimas partículas». Las malas hierbas hay que destruirlas, ya que «consumen la sustancia y sofocan la sementera»[91]. Criticaba el arado común porque no araba con igualdad, la profundidad de los surcos no era

[90] A. CORDERO, 1780, p. 55.

[91] S. CÁRDENAS, 1775, p. 26.



9.14. Trillo de Lucas Vélez *(*Memorias de la Sociedad Económica*, Madrid, I, 1780). (Bibl. Universidad de Barcelona).*

homogénea y su reja, aun siendo de hierro, no cortaba las raíces. A partir de estas observaciones, construyó una máquina soportada por dos ruedas que aguantaba cuatro arados. Las rejas estaban afiladas como cuchillas para cortar las raíces de las malas hierbas. El conjunto estaba tirado por dos bueyes, y el mozo iba sentado encima de la máquina para hacer la presión suficiente para profundizar adecuadamente los surcos. A pesar de que el autor defendía que la tierra quedaba completamente mezclada y las raíces destruidas, no hizo una descripción técnica detallada de la máquina ni realizó ningún grabado de ella.

Esta propuesta, a pesar de ser muy avanzada para su época, ya que los arados de tres o más rejas –denominados trisurco o polisurco– no se desarrollaron hasta finales del siglo XIX, tuvo muy poca difusión[92], no fue evaluada por la Sociedad Económica de Madrid como era costumbre, ni fue citada por Boutelou ni Arias en sus manuales.

[92] Su *Memoria* no fue recogida en el *Diccionario Bibliográfico* de Antón Ramírez, lo que demuestra su escasa difusión.

Finalmente, respecto a los arados cabe destacar las propuestas de Antonio de Arce y Villanueva[93] sobre las diversas rejas que habrían de utilizarse en la labranza, y la de José Manuel Fernández Vallejo, que en una *Memoria*[94] publicada en 1806 proponía modificaciones en su construcción para aumentar la potencia de tiro, basándose en la necesidad de profundizar más las labores que conseguía el arado común.

Las mejoras introducidas en los instrumentos aratorios continuaron durante el primer período del reinado de Fernando VII, destacando las aportaciones de Andrés Herrarte, que propuso un arado con la reja modificada (según Arias, «comparado este arado con el común del país, se labra más de un duplo con él, en igualdad de circunstancias»), y las de Antonio Regás, que construyó un nuevo arado combinando el modelo inglés Small y el arado romano[95].

Otra de las máquinas que requirió la atención de los ilustrados fue la sembradora. Hasta el siglo XVIII los métodos de siembra más usuales eran los denominados "a voleo" para los cereales y "a chorrillo" para otros cultivos. La sembradora, divulgada por toda Europa gracias al texto de 1731 de Tull, permitía distribuir la semilla suficiente para el cultivo sin excederse en la cantidad.

La opinión general entre los agrónomos era que la siembra "a voleo" que se utilizaba en el cultivo tradicional era «la causa principal de la pérdida de nuestras cosechas». Agustín Cordero realizó experimentos que demostraron este extremo y que un exceso de semilla perjudicaba la productividad de las espigas. Si las semillas estaban suficientemente separadas entre sí se conseguían «macollas de 16, 19 y 22 espigas que granaron perfectamente», mientras que si se plantaban varias semillas juntas el resultado eran espigas endebles y sin fruto.

Inicialmente la sembradora fue sobrevalorada por los ilustrados, aunque, una vez experimentado su uso en nuestro país, se demostró los muchos inconvenientes que presentaba. La sembradora de Lucatelo, que actuaba unida al arado, era muy pesada y «sólo se puede usar en suelos enjutos y es de difícil manejo»[96]. En 1778 la Sociedad Económica de Madrid importó una máquina de Londres que probó Agustín Cordero. Los resultados no fueron buenos, desperdiciándose mucho grano, y sólo servía para sembrar trigo[97].

En este mismo sentido se manifestó Manuel Barba en 1787, cuando indicaba que «la sembradera sería muy útil, pero hasta ahora no se ha hallado en esta máquina la sencillez y la solidez necesarias»[98]; o Arias, que, citando a Cordero, opinaba que

---

93 *Memorias de la Sociedad Económica*, Madrid, vol. III, 1787.

94 *Nuevo uso del arado común para labores profundas*, Madrid, Repullés, 1806.

95 Una descripción detallada de este arado, en A. S. de ARIAS, 1818, pp. 175-178.

96 A. S. de ARIAS, 1818, p. 183.

97 A. CORDERO: «Ensayo sobre el arado y sembradera ingleses», en *Memorias de la Sociedad Económica*, Madrid, vol. III, 1787, pp. 93-96.

98 M. BARBA [1787], 1964, p. 27.

«todas ellas son tan complicadas, tan costosas, y de tan difícil manejo, que nada tiene de extraño se explicase Rossier tan directamente contra su uso»[99].

El *Semanario* publicó en 1798 un nuevo modelo de sembradora inventada por el presbítero Vicente Asensio[100]. Unos años más tarde el agrónomo José de Arias estudió detalladamente los ejemplares depositados en el Real Gabinete de Máquinas, considerando que, aun siendo más manejable que la de Lucatello, presentaba «algunos defectos de consideración en su mecanismo»[101].

Hasta los primeros años del reinado de Fernando VII los modelos no se irían simplificando, haciendo el manejo cada vez más sencillo. Es el caso de la sembradora presentada a la Sociedad de Valladolid en 1817 por Antonio Regás, que «puede ser conducida por un muchacho, por una mujer, o por un anciano». Era, además, muy barata, «pues no pasará toda ella de ochenta reales construida en las provincias»[102].

El sistema de separación del grano de la paja, la trilla, también fue objeto de estudio por los agrónomos. La mecanización de algunas labores, como el volteo de la mies, había de permitir un ahorro importante de mano de obra. La mayoría de trillos utilizados en la agricultura tradicional consistía en unas planchas de madera donde iba insertado un gran número de pedernales. Estos aparejos, arrastrados por una caballería, se desplazaban sobre las espigas segadas y permitían extraer el grano de su alveolo y cortar los tallos.

Lucas Vélez, vecino de El Coronil en Sevilla, inventó un trillo[103] que fue experimentado en agosto de 1775 en las eras de la Puerta de los Pozos en Madrid. Según los cronistas de la época, los resultados no fueron positivos «por estar su construcción defectuosa en lo sustancial de la máquina». Agustín Cordero mejoró el diseño y la hizo construir a José Muñoz, maestro carpintero, por 1.050 reales. Ensayado el modelo mejorado, se concluyó que «destroza la mies de cebada, avena, centeno, almorta, algarroba y garbanzo con perfección y puede regularse en estas especies la ventaja de él a los comunes en la razón de uno a tres». Por el contrario, para el trigo no funcionaba adecuadamente si no iba acompañado de un trillo de pedernal, porque dejaba la paja «bastante menuda, sin deshacer los granos, ni causarles perjuicio alguno». El propio autor reconocía que «este instrumento pide alguna mejora para adelantar su efecto sobre el trigo y creo no faltarán en Madrid ingenios que lleguen a perfeccionarle, haciendo tan gran servicio al público». Posteriormente, el marqués de Rivas y Juan Manuel Ximénez construyeron nuevos trillos: «Este labrador ha mejorado el instru-

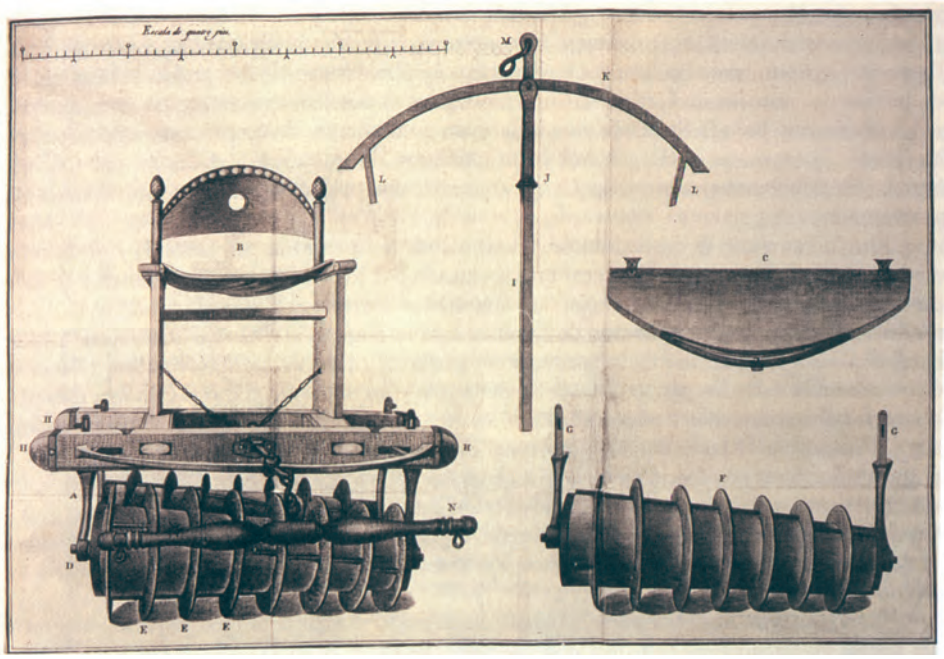
99 A. S. de ARIAS, 1818, p. 183.

100 *Semanario de Agricultura y Artes dirigido a los párrocos*, Madrid, vol. II, 1798, p. 363.

101 A. S. de ARIAS, 1818, p. 183. El autor no especifica el tipo de defectos que presenta el diseño de esta sembradora.

102 A. S. de ARIAS, 1818, pp. 179 y ss.

103 A. CORDERO: «Memoria del Señor Don — sobre el trillo de Lucas Vélez», en *Memorias de la Sociedad Económica*, Madrid, Sancha, 1780, vol. I, pp. 48-50.



9.15. Trillo de Salvador Pavón y Valdés *(*Semanario de Agricultura y Artes dirigido a los Párrocos*, Madrid, 1802) (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza).*

mento, poniéndole un jueguecito delantero con dos ruedas, sobre cuyo eje ha colocado el asiento del que gobierna las mulas»[104].

A partir de esta primera propuesta fueron varios los miembros de sociedades económicas que idearon nuevos modelos que pretendían mejorar las características del trillo común. Se tiene constancia de las máquinas presentadas en 1777 por P. Gracia[105] y Antonio Enríquez[106] a la Sociedad Aragonesa, y la de Pavón y Valdés presentada en 1793 a la de Granada[107].

En 1815 se presentaba en la Sociedad Económica madrileña[108] el trillo inventado por Juan Álvarez Guerra. Estaba tirado por una caballería y podía trillar, limpiar y poner en el granero y pajar cien fanegas de trigo al día. Recibió un dictamen favorable

---

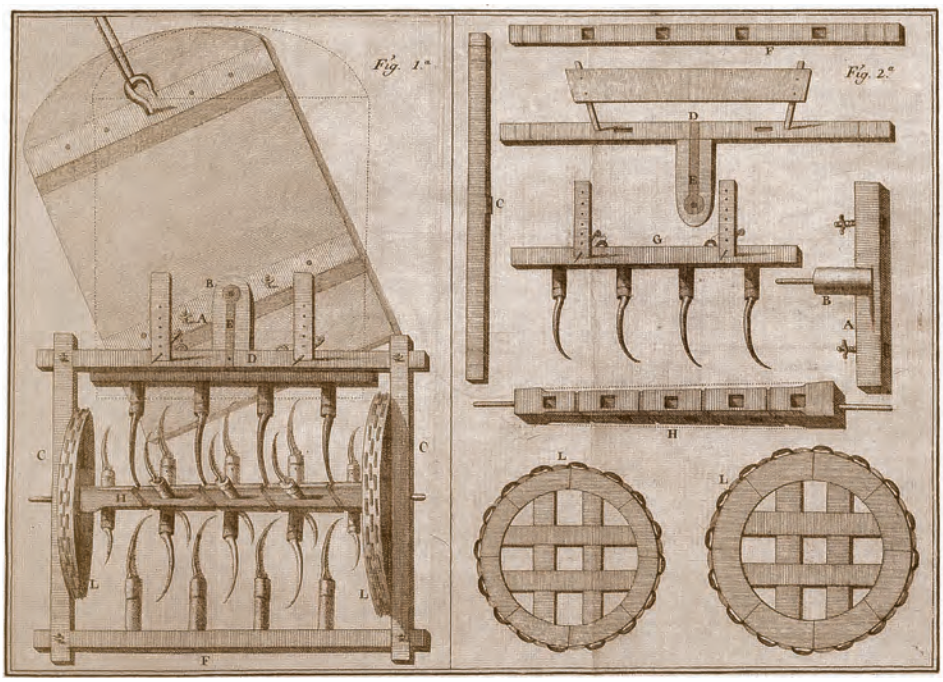
104 A. CORDERO, 1780, p. 49, nota 2.

105 A. S. de ARIAS, 1818, vol. II, p. 66.

106 B. ANTÓN, 1865, p. 800.

107 Descrito en la *Memoria del trillo que presentó a la Real Sociedad Económica Matritense, don Isidro Ayala*, Madrid, Sancha, 1819 (B. ANTÓN, 1865, p. 242).

108 *Descripción y diseño del trillo presentado a la Sociedad Económica de Amigos del País de Madrid*, Madrid, Impr. Real, 1815.



9.16. Volvedor de Manzanares *(*Disertación y descripción de una nueva máquina o volvedor, *Madrid, 1777).*

de los profesores del Jardín Botánico de Madrid. Dos años después, en 1817, Juan Francisco Gutiérrez, maestro armero de artillería, modificó las dimensiones de algunas piezas mejorando su rendimiento. Sus resultados fueron avalados por la Sociedad Económica de Valladolid, que los mandó publicar[109]. También ese año se experimentó en las Sociedades de Valladolid y Madrid el modelo de Andrés Herrarte, maestro armero vallisoletano. Según la valoración realizada, era un trillo que mejoraba notablemente la limpieza del grano y la calidad de la paja y era capaz de «acelerar las labores tres veces y un tercio más que todos los trillos conocidos en España»[110]. Debe citarse también el modelo de Isidro Ayala, diseñado en 1819[111].

Finalmente, cabe aludir al mecanismo denominado "volvedor" que inventó Cristóbal Manzanares en agosto de 1775, y que fue presentado al Consejo de la Sociedad Económica de Madrid un año más tarde[112]. Consistía en una máquina que, unida a un

109 *Correcciones al trillo inventado por D. Juan Álvarez Guerra, ejecutadas por D. Juan Francisco Gutiérrez*, Madrid, Sigüenza y Vera, 1817.

110 B. ANTÓN, 1865, p. 449.

111 B. ANTÓN, 1865, p. 242.

112 «Extracto de la descripción del nuevo volvedor inventado por el Señor Don Chistobal Manzanares», en *Memorias de la Sociedad Económica*, Madrid, Sancha, 1780, pp. 367-373.

trillo común, «levanta, voltea y destroza la mies». Estaba montada sobre dos ruedas de diferente diámetro que facilitaban su recorrido circular en las eras. Esta máquina fue muy alabada por la Sociedad Económica, considerándola «tanto más recomendable por su simplicidad, por su poco coste y por las ventajas que se han verificado repetidas veces con su uso»[113].

Desgraciadamente, las propuestas de mecanización del campo hechas por los ilustrados tuvieron un efecto muy pequeño sobre los agricultores y no llegó a generalizarse el uso de ninguna de estas máquinas. Claudio Boutelou, en sus *Elementos de Agricultura,* publicados en 1817, indicaba que los motivos fueron diversos: por un lado, las dificultades para realizar inversiones de los labradores, y por otro, la escasez de herreros y "maquinistas" especializados en reparar y construir este tipo de maquinaria.

BIBLIOGRAFÍA

AGUSTÍ, Miquel: *Llibre dels secrets d'Agricultura, casa rústica i pastoril* [1617], Barcelona, Altafulla, 1988.

ANTÓN RAMÍREZ, Braulio: *Diccionario de Bibliografía Agronómica y de toda clase de escritos relacionados con la agricultura*, Madrid, Rivadeneyra, 1865.

ARGEMÍ D'ABADAL, Lluís (comp.): *Agricultura e Ilustración. Antología del pensamiento agrario ilustrado*, Madrid, MAPA, 1988.

—*La Revolución Agrícola en España*, Madrid, Akal, 1993.

ARIAS Y COSTA, Antonio Sandalio de: *Lecciones de Agricultura*, 2.ª ed., Madrid, Fuentenebro, 1818.

AUGÉ-LARIBÉ, Michel: *La Revolución Agrícola*, Mexico, UTEHA, 1960.

AZCÁRATE LUXÁN, Isabel: *Plagas agrícolas y forestales en España en los siglos XVIII y XIX*, Madrid, MAPA, 1996.

BARBA, Manuel: «Acerca del estado actual de la agricultura en Cataluña» [1787], en IGLESIES, Josep: *Manuel Barba y Roca. Memòries acadèmiques*, Barcelona, Fundació Massot, 1964, pp. 25-33.

BERNAT, Pascual: «La Direcció d'Agricultura de la Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona (1766-1808)», *Actes de les IV Trobades d'Història de la Ciència i de la Tècnica*, Alcoi-Barcelona, SCHCT, 1997, pp. 45-50.

BOUTELOU, Claudio y BOUTELOU, Esteban: *Tratado de la huerta o método de cultivar toda clase de hortalizas*, Madrid, Villalpando, 1801.

BUJ BUJ, Antonio: *El Estado y el control de las plagas agrícolas. La lucha contra la langosta en la España contemporánea*, Madrid, MAPA, 1996.

[113] Extracto, 1780, p. 373.

CABRAL CHAMORRO, Antonio: *Agronomía, agrónomos y fomento de la agricultura en Cádiz (1750-1855)*, Cádiz, Universidad, 1995.

CAMARASA, Josep M.ª: *Botànica i Botànics dels Països Catalans*, Barcelona, Enciclopèdia Catalana, 1989.

CAPEL, Horacio: «Física, historia natural y geografía en un programa ilustrado de educación popular», en *Homenaje a Luis Alfonso González Polledo*, León, Universidad, 1997.

CÁRDENAS, Salvador de: *Instrucciones y método nuevo de labrar las tierras por medio de una máquina con quatro arados, y una yunta de bueyes, construida por Don...*, Madrid, Doblado, 1775.

CARTAÑÁ, Jordi: *Agronomía e ingenieros agrónomos en la España del siglo XIX,* Barcelona, Serbal, 2005 (en prensa).

COLMEIRO, Miguel: *Bosquejo histórico y estadístico del Jardín Botánico de Madrid,* Madrid, Uhagón, 1875.

CORDERO, Agustín: «Memoria sobre el trillo de Lucas Vélez», en *Memorias de la Sociedad Económica*, Madrid, Sancha, vol. I, 1780, pp. 48-50.

—«Memoria sobre el nuevo método de sembrar el trigo en vandas [sic], leída en la Junta de 19 de Noviembre de 1776», *Memorias de la Sociedad Económica*, Madrid, Sancha, vol. I, 1780, pp. 53-64.

DEANE, Phyllis: *La primera revolución industrial*, 3.ª ed, Barcelona, Península, 1975.

DERRY, T. K. y WILLIAMS, Trevor: *Historia de la tecnología. Desde 1750 hasta 1900*, Madrid, Siglo XXI, 1980.

DÍEZ RODRÍGUEZ, Fernando: *Prensa agraria en la España de la Ilustración. El Semanario de Agricultura y Artes dirigido a los párrocos (1797-1808)*, Madrid, MAPA, 1980.

DOPICO, F.: «Ilustración y pensamiento agrario en Galicia», en *Estructuras agrarias y reformismo ilustrado en la España del siglo XVIII*, Madrid, MAPA, 1989, pp. 565-584.

ESCOLANO BENITO, Agustín: *Educación y economía en la España ilustrada*, Madrid, Ministerio de Educación, 1988.

—«Extracto de la descripción del nuevo volvedor inventado por el Señor Don Chistobal Manzanares», *Memorias de la Sociedad Económica*, Madrid, Sancha, 1780, pp. 367-373.

FERNÁNDEZ PÉREZ, Joaquín: «Ciencia y técnica en la agricultura ilustrada. Instrumentos y experiencias agronómicas», en FERNÁNDEZ PÉREZ, Joaquín (ed.): *Ciencia, técnica y Estado en la España Ilustrada*, Madrid, 1990, pp. 47-72.

—y GONZALEZ TASCÓN, Ignacio (eds.): *La agricultura viajera. Cultivos y manufacturas de plantas industriales y alimentarias en España y en la América Virreinal*, Madrid, MAPA, 1990.

FORNIÉS CASALS, José Francisco: *La Real Sociedad Económica Aragonesa de Amigos del País en el periodo de la Ilustración (1776-1808). Sus relaciones con el artesanado y la industria*, Madrid, Confederación Española de Cajas de Ahorro, 1978.

GARCÍA PARÍS, Julia: *Intercambio y difusión de plantas de consumo entre el nuevo y el viejo mundo*, Madrid, 1991.

GARCÍA SANZ, Ángel: «Agronomía y experiencias agronómicas en España durante la segunda mitad del siglo XVIII», *Moneda y Crédito*, Madrid, n.º 131, 1974, pp. 29-54.

GODOY, Manuel: *Memorias críticas y apologéticas para la historia del reinado del Sr. Don Carlos IV de Borbón*, Madrid, 1956.

IGLESIES, Josep: *Manuel Barba i Roca (1752-1822). Memòries acadèmiques*, Barcelona, Fundació Josep Massot, 1964.

JOVELLANOS, Gaspar Melchor de: *Informe sobre la ley agraria [1795]*, Barcelona, Materiales, 1968.

LARRIBA, Elisabet y DUFOUR, Gérard: *El Semanario de Agricultura y Artes dirigido a los párrocos (1797-1808)*, Valladolid, Ámbito, 1997.

LLUCH, Ernest: *El pensament econòmic a Catalunya (1760-1840)*, Barcelona, 1973.

—y ARGEMÍ, Lluís: *Agronomía y Fisiocracia en España* (1750-1820), Valencia, Inst. Alfons el Magnànim,1985.

LÓPEZ LINAGE, Javier: *Agricultores, botánicos y manufactureros en el siglo XVIII. Los sueños de la Ilustración española*, Madrid, MAPA, 1989.

LÓPEZ PIÑERO, José María, *et alii*: *Diccionario histórico de la ciencia moderna en España*, Barcelona, Península, 1983.

LUQUE, Antonio: *Entre el vapor y el arado romano. Élites, instituciones y difusión del cambio técnico en la agricultura. Córdoba, 1780-1870*, Córdoba, Universidad, 2004.

MAROTO, José Vicente: *Historia de la Agronomía. Una visión de la evolución histórica de las ciencias y técnicas agrarias*, Madrid-Barcelona, Mundi-Prensa, 1998.

MARTÍNEZ AGUDO, Miguel: «Publicaciones agronómicas en la España del XVIII (1700-1808). Libros y folletos», *Agricultura y Sociedad*, Madrid, n.º 50, 1989, pp. 287-361.

Memorias de la Sociedad Económica, Madrid, Antonio de Sancha, vol. I, 1780.

PIQUERAS HABA, Juan: *Sociedades económicas y fomento de la agricultura en España. 1765-1850,* Valencia, Generalitat, 1992.

PUERTO SARMIENTO, Francisco Javier: *La ilusión quebrada. Botánica, sanidad y política científica en la España Ilustrada*, Barcelona, Serbal/CSIC, 1988.

ROCASOLANO, Antonio de Gregorio: *Desenvolvimiento de la cultura en Zaragoza desde el último tercio del siglo XVIII*, Zaragoza, Casañal, 1923.

RODRÍGUEZ QUIROGA, A.; FERNÁNDEZ PÉREZ, J. y GOMIS BLANCO, A.: «Las variedades vegetales en el Semanario de Agricultura y Artes», en VALERA, M. y LÓPEZ FERNÁNDEZ, C. (eds): *Actas del V Congreso de la Sociedad Española de Historia*

de las Ciencias y de las Técnicas, Murcia, 18-21 de diciembre de 1989, Murcia, vol. III, 1991, pp. 1.979-1.993.

SIMPSON, James: *La agricultura española (1765-1965): la larga siesta*, Madrid, Alianza, 1997.

SLICHER VAN BATH, B. H: *Historia agraria de Europa Occidental (500-1850)*, Barcelona, Península, 1974.

VV. AA.: *Estructuras agrarias y reformismo ilustrado en la España del siglo XVIII*, Madrid, MAPA, 1989.

10

Conocimiento científico, innovación técnica y fomento de los montes durante el siglo XVIII

Vicente Casals Costa
Universidad de Barcelona

En 1700 murió Carlos II sin sucesor. Este hecho permitió que, con el nuevo siglo, la dinastía de los Borbones se instalase en España, aunque ello fuera a costa de una sangrienta guerra civil que enfrentó a los partidarios de Felipe de Anjou, el futuro Felipe V, nieto del monarca francés Luis XIV, con los que preferían ver sentado en el trono al pretendiente austriaco, el archiduque Carlos.

Concluidos los enfrentamientos bélicos y consolidada la nueva dinastía, Felipe V comenzó a introducir profundas reformas en la organización y administración del Estado, que incluían los organismos centrales de la monarquía, el gobierno interior, en especial en lo que atañía a la Corona de Aragón, y a la política fiscal. También procedió a una reorganización del Ejército; la Marina fue objeto de un proceso racionalizador y centralizador, en lo que desempeñó un papel fundamental la Intendencia General de la Marina, de la que en 1717 se hizo cargo José Patiño. El intendente tenía bajo su mando todo aquello que no concernía directamente a las operaciones militares, lo que comprendía la construcción naval, incluidos los aspectos financieros y de aprovisionamiento, con su compleja red administrativa de intendentes de puertos y departamentos, comisarios, contadores, tesoreros, escribanos, etc. Entre estas funciones se encontraba asimismo la obtención de la materia prima para la construcción de los barcos, es decir, los montes y plantíos necesarios y el personal a ello vinculado[1].

El programa ilustrado que caracterizará el siglo empezó a esbozarse en estos momentos, lo que incluía no sólo las reformas administrativas y militares, sino también la política de fomento de la producción, la construcción de nuevas infraestructuras, el desarrollo cultural y la creación de instituciones científicas, culturales y econó-

[1] Jean-Pierre DEDIEU: «La Nueva Planta en su contexto. Las reformas del aparato del Estado en el reinado de Felipe V», *Manuscrits*, 18, 2000, p. 125.

micas. Benito Jerónimo Feijoo, en un conocido texto de 1750, hacía un apretado inventario de lo que se estaba desarrollando en aquel momento y cuyas bases, sin duda, se habían comenzado a establecer en el período anterior: construcción naval y de fábricas, arsenales, caminos y acequias, creación de compañías comerciales, escuelas de náutica, artillería y cirugía y otras ramas de la ciencia y la cultura[2].

Este proceso, iniciado en las primeras décadas del siglo, se concretará en un amplio programa de realizaciones en los años centrales, durante el reinado de Fernando VI y el ministerio de Ensenada, y verá su mayor desarrollo en la segunda mitad, sobre todo con Carlos III. Es importante poner de relieve la continuidad entre estas etapas del siglo XVIII, que puede fácilmente rastrearse en la labor política de personajes como José Patiño, José del Campillo y Zenón de Somodevilla, no sólo por haber ocupado en diferentes momentos el poderoso Ministerio de Hacienda, Guerra, Marina e Indias, sino por el programa que habían esbozado y en uno u otro grado impulsado.

Por ejemplo, José del Campillo, en su obra de 1742 titulada *España despierta*, exponía la necesidad de que el gobierno tomara medidas eficaces para la conservación del arbolado y de los plantíos con el fin de poder impulsar la construcción naval, «pues si esto falta para la construcción de los barcos no importa nada haya dinero de sobra»[3]; la propuesta se enmarcaba en un primer esbozo de programa de obras públicas, luego asumido por su sucesor. Con anterioridad, en otro texto de título sorprendente, *Lo que hay de más y de menos en España, para que sea lo que debe ser y no lo que es*, y que según su autor constituye la primera parte de *España despierta*, hace una agria crítica de la situación del país en relación con esta cuestión:

> «Los astilleros que continuamente debían mantener muchos hombres en la incesante construcción de navíos, se conoce ser destinados para semejantes fábricas por el nombre y por algunos cortos fragmentos que de ellos se observan, y dejó más el cuidado de nuestros antepasados que el cuidado de los del presente tiempo. Se tiene por maravilla cuando se arroja un navío nuevo al mar, pudiendo echar cinco o seis en cada un año, o tenerlos prevenidos para cuando el crítico tiempo de la necesidad lo pidiese. De lo que se infiere que ni aun para aquellos asuntos en que puede consistir la gloria del triunfo o los desastres de vencidos, no precave España y, en su nombre los ministros a quienes competan las inspecciones de estas cosas o negocios, para que inteligenciando al rey de ellas se lograse lo que falta y los perjuicios tan notables que pueden sobrevenir en no emplear sus tesoros en la construcción de muchos navíos; pero este irregular desconocimiento llega a sentirlo cuando con lo pronto de una guerra se halla inapta para remediarlo.
>
> Sigue a este imprudente descuido otro que es aún más reprensible: los navíos todos son compuestos de madera y, siendo esto así, ¿cómo ha de haber navíos careciendo de

[2] Benito Jerónimo FEIJOO: *Cartas eruditas y curiosas*, Madrid, t. III, 1750.

[3] José del CAMPILLO: *España despierta* (1742). Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes, 1999. Edición digital a partir de *Dos escritos políticos*, Oviedo, Junta General del Principado de Asturias, 1993, pp. 137-233.

> árboles? No se dice que no se hayan dado repetidísimas reales providencias contra los taladores de ellos, pero si el castigo de los delincuentes no ejemplariza, y si no se pone en que se guarden ni aun el material cuidado que se emplea cuando se escriben, ¿es esto más que imponer precepto tan al aire como que se deja al común arbitrio su observancia? Ni aun satisface la réplica de que hay muchos guardias para su custodia, pues éstos, por ser los primeros que delinquen, debían de ser los primeros que se castigaran. Consienten y hacen espaldas a la tala, satisfechos con el soborno, y de este modo los mismos puestos para custodia son los contraventores de los mandatos»[4].

Una crítica y un programa que conducen directamente a Ensenada, a su política de construcción naval, de conservación de los montes y de fomento de los plantíos, tal como se la conocía en la terminología de la época.

I

Continuidad y ruptura en la política de montes y plantíos del reformismo borbónico

Durante las primeras décadas del XVIII se adoptaron medidas destinadas a la conservación de los recursos de los montes que, en principio, presentan un carácter continuista respecto a lo legislado por los Austrias. Pero en 1748 se publicaron unas nuevas ordenanzas de montes dentro del programa de reformas impulsado por Ensenada, del que constituyeron una pieza de primer orden. Existe la opinión generalizada de que estas ordenanzas estuvieron inspiradas en la *Ordonnance de Louis XIV, roi de France et de Navarre, sur le fait des Eaux et Forêts* que en 1669 hizo aprobar Jean Baptiste Colbert, el poderoso ministro de Luis XIV[5], lo que da pie a suponer la existencia de una ruptura o por lo menos un cambio cualitativamente muy importante en la legislación forestal a partir de este momento. Ciertamente, la ordenanza de Colbert tuvo una influencia importante en diversos países europeos, y en España, donde la dinastía reinante procedía de Francia, sin duda también influyó.

Sin embargo, esto no excluye la existencia de continuidades con la legislación anterior promulgada durante el período de los Austrias, que pueden ser incluso muy

---

[4] José de CAMPILLO: *Lo que hay de más y de menos en España, para que sea lo que debe ser y no lo que es* (1741). Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes, 1999. Edición digital a partir de *Dos escritos políticos*, Oviedo, Junta General del Principado de Asturias, 1993, pp. 1-131.

[5] Ésta es una afirmación que puede encontrarse en casi todas las obras que se han ocupado de las ordenanzas de montes de 1748, incluido algún texto de quien esto escribe, sin que ello esté justificado documentalmente. En algún caso tal afirmación ha sido muy taxativa: «Sin duda el amor por la botánica influía en Ensenada, pero, una vez más eran Francia y Colbert la guía. La ordenanza para la conservación de montes de 31 de enero de 1748 es prácticamente una copia de la *Ordonnace sur le fait des eaux et forêts* de 1669» (José Luis GÓMEZ URDÁÑEZ: *El proyecto reformista de Ensenada*, Milenio, Lleida, 1996, p. 257).

importantes, puesto que en ocasiones se refieren a aspectos que de forma apresurada se han considerado como muestra de la influencia francesa en la legislación sobre montes de nuestro país. Vamos a detenernos en algunas de estas cuestiones.

I.1. Las ordenanzas municipales y su contenido en materia de montes

La gestión de los aprovechamientos de los montes no se ha limitado en absoluto al conjunto de normas dictadas por el monarca o la Administración real. Por el contrario, son muy numerosas las que se establecieron en los siglos XVI y XVII en el marco de las ordenanzas municipales, un tipo de norma surgido al parecer en la Edad Media y destinada a regular la convivencia entre los vecinos de los pueblos.

Estas ordenanzas solían contener algún articulado que contemplaba los usos vecinales de los montes, que en algún caso estuvo vigente hasta bien entrado el siglo XIX. Esto es comprensible si tenemos en cuenta que para muchos municipios el monte era un recurso de primer orden y, además, con frecuencia fuente de conflictos. De todas formas, la importancia que se le concede en las diversas ordenanzas varía mucho, en función, sin duda, de su peso en la vida colectiva.

En lo que a los aprovechamientos forestales se refiere, estas normas suelen presentarse bajo la forma de prohibiciones, indicándose la multa o castigo consiguiente. Normalmente se refieren a cuestiones como cortar leña o árboles para madera[6]. En otros casos insisten más en la descripción de las prescripciones y/o prohibiciones[7], regulando la corta de árboles, la práctica del carboneo o las quemas[8].

Cuando las ordenanzas se referían a ámbitos con mayor peso de los recursos forestales, lógicamente el tratamiento era más detallado y extenso, como en las del común de la villa de Segura, en cuyo articulado se trata de manera precisa de los aprovechamientos madereros, con especial referencia al uso de las sierras de agua, el comercio de la madera, así como actividades vinculadas al medio forestal, como la ganadería[9].

---

[6] *Ordinaciones del poble de Tarrés* (1743), en Josep M. GRAU I PUJOL: «Unes ordinacions de Tarrés (1743)», *Carrutxa. Biblioteca Digital.* <www.carrutxa.org/biblioteca/ftp/tarres.pdf>.

[7] *Ordinacions de la vila de Cornudella que per el bon govern y bé públich de sos moradors ha format lo Ajuntament de ella; y per sa validitat aprobades eo decretades per lo excel·lentíssim señor duch de Cardona, compte de Prades, y señor de dita vila, són fetas al thenor següent en lo any 1761*, en Ezequiel GORT JUANPERE: «Les ordinacions de Cornudella de Montsant al segle XVIII», *Carrutxa. Biblioteca Digital.* <www.carrutxa.org/biblioteca/ftp/Cornudella.pdf>

[8] *Ordenanzas y privilegios de la muy noble, y leal Ciudad de Lorca* (1713), Academia Alfonso X el Sabio, Murcia, 1983. Estudio introductorio de Guy Lemeunier; índices de Miguel Rodríguez Llopis.

[9] *Ordenanzas del común de la villa de Segura y su tierra, de 1580*, Instituto de Estudios Giennenses, Diputación Provincial, CSIC, Jaén, 1980. Edición y estudio introductorio de Emilio de la Cruz Aguilar.

En la vecina sierra de Cazorla, las ordenanzas fueron aprobadas por el Consejo de Cazorla en 1552[10] y están dedicadas íntegramente a los montes, respondiendo seguramente a alguna ejecutoria real anterior. Abordan la cuestión de su conservación, señalando penas para las cortas sin licencia, y establecen normas para el ramoneo y el pastoreo, con especial referencia al ganado porcino. Prestan atención al mecanismo de concesión de licencias de corta, con el fin de prevenir abusos; también regulan la práctica del carboneo y prohíben la saca de madera de la sierra, lo que puede interpretarse en el sentido de que ya escaseaba.

Se trata, pues, de una normativa bastante detallada relativa a los aprovechamientos del monte, reflejo, sin duda, de su importancia en los pueblos de la sierra y también seguramente de que se había llegado a una situación de deterioro peligrosa; posiblemente había formado parte de unas ordenanzas más amplias que contemplaran los demás aspectos de la vida de los pueblos[11]. En cualquier caso, son una ejemplo del grado de detalle que había alcanzado la gestión de los montes en determinados lugares a mediados del siglo XVI.

Sin embargo, la mejor muestra que conocemos a este respecto la encontramos en las Ordenanzas del Concejo de Carmona. Debieron de escribirse entre 1525 y 1535[12], pero incluyen añadidos posteriores. Se refieren a aspectos muy amplios de la vida de los vecinos del concejo, y entre ellos y de una manera muy precisa todo lo referente a los montes. El articulado forestal data de 1544 y 1550, según se indica en su texto. El más antiguo es el que corresponde al «Título de los encinares y montes», al que se le incorporaron otros (del 11 al 17) bajo el epígrafe «Ordenanzas de conservación de montes», en 1550 como resultado, se dice, de las «provisiones de sus majestades» sobre «la guarda y conservación de los montes» leídas en el cabildo[13]. Seguramente, estas provisiones eran las mismas que motivaron las ordenanzas de Cazorla, a las que por otra parte se asemejan.

En resumen, las ordenanzas municipales solían contener mecanismos destinados a la conservación de unos recursos que, cuando los montes desempeñaban un papel básico en la vida de los pueblos, podían constituir una regulación precisa y cuyo cumplimiento seguramente fue –aunque en una medida difícil de evaluar– un factor de primer orden de cara a su mantenimiento. Claro está que eran normativas

---

10 *Ordenanzas de Cazorla*. En M. M. GARCÍA GUZMÁN: «Unas Ordenanzas de la Sierra de Cazorla (1552)», *Miscelánea Medieval Murciana*, vol. XXIII-XXIV, Universidad de Murcia, Murcia, 1999-2000, pp. 31-49.

11 M. M. GARCÍA GUZMÁN, 1999-2000, p. 40.

12 M. GONZÁLEZ JIMÉNEZ: «Introducción» a las *Ordenanzas del Concejo de Carmona*, Diputación Provincial de Sevilla, Sevilla, 1972, p. 3.

13 Un estudio detallado de los cambios introducidos en el articulado de las ordenanzas referido a los montes puede encontrarse en los comentarios de M. GONZÁLEZ JIMÉNEZ a las *Ordenanzas del Concejo de Carmona*, Diputación Provincial de Sevilla, Sevilla, 1972, p. 67, nota 2.

que actuaban a escala local, y desde las cuales era difícil hacer frente a las injerencias de fuerzas cuyo campo de actuación era territorialmente mucho más extenso, como, por ejemplo, la Mesta, por poner un caso muy conocido.

I.2. Las Ordinacions *catalanas y la* Instrucción *de Toribio Pérez Bustamante*

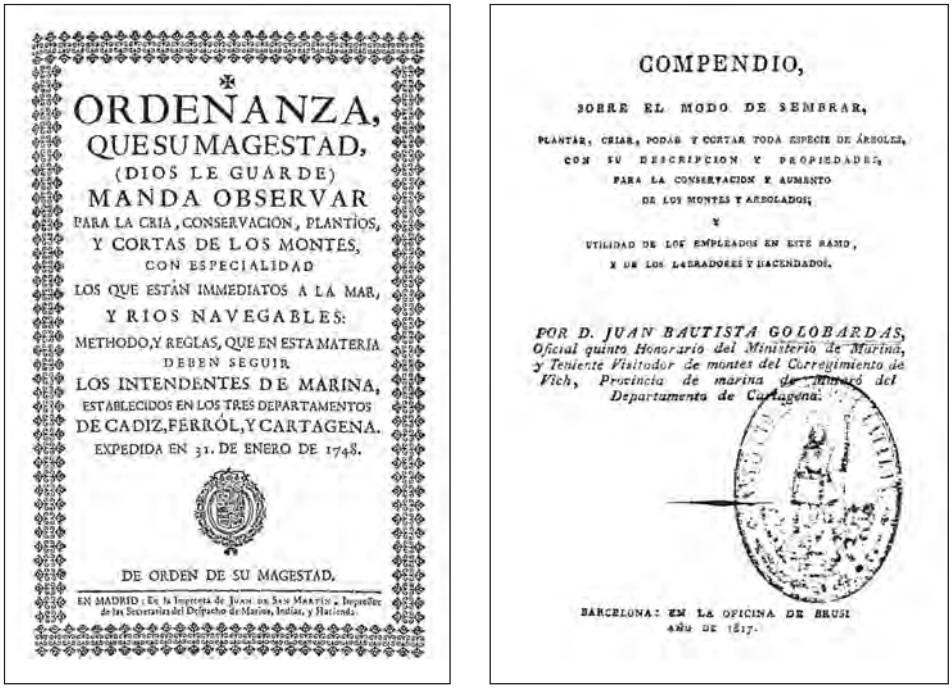
No sólo el municipio o el concejo dispusieron de normas para la gestión de los montes, orientadas a la práctica cotidiana. Desde luego, existió toda una diversidad de cédulas, órdenes, pragmáticas y disposiciones emanadas directamente de los órganos de poder de la monarquía al más alto nivel, pero solían revestir un carácter genérico que con frecuencia no se concretaban de forma operativa.

Pero hubo otra escala territorial en la cual las necesidades prácticas se plasmaron en un conjunto de normas con voluntad de incidir en la realidad. Las podemos encontrar, por ejemplo, en el País Vasco, en Cataluña o en la cornisa cantábrica. Por lo menos a dos de ellas se las ha considerado en algún momento como antecedentes de la legislación de montes de mediados del siglo XVIII. Se trata de las *Ordinacions* catalanas de 1627, y la *Instrucción* de Toribio Pérez Bustamante para las Cuatro Villas cántabras, de1650.

Las *Ordinacions* fueron promulgadas por Miguel de los Santos de San Pedro, capitán general del Principado de Cataluña, Rosellón y Cerdaña, y obispo de Solsona entre sus muchos otros títulos. En su preámbulo se dibuja un panorama sobre el estado de los montes catalanes bastante desolador[14], como consecuencia de los diferentes usos a que estaban sometidos, que afectaban de forma especial a la construcción de navíos; se indica que, de continuar así, en pocos años quedarán «totalmente devastados y arruinados», con las consecuencias que de ello se derivarían para las necesidades de la Marina. Siguen diecisiete apartados –capítulos– en los que se abordan las cuestiones de las licencias para efectuar talas; las cortas de los árboles señalados por los oficiales de la Marina y la extracción ilícita de estos árboles; la obligación de los alcaldes en ser diligentes en la realización de las plantaciones; los daños que causan los hornos para la fabricación de pez y alquitrán ubicados en los bosques de Tortosa y la prohibición de cortar árboles grandes para tales hornos; también prohibían dar cortes en el tronco para la obtención de trementina, así como efectuar hormigueros, realizar quemas, determinados tipos de cortas y exportar madera, en lo que recuerda disposiciones de los tiempos de Jaime I.

Varias cuestiones se desprenden de la lectura de las *Ordinacions*. En primer lugar, el carácter de los bosques como fuente de materias primas estratégicas, impres-

[14] Miguel de los Santos de SAN PEDRO: *Ordinacions forestals de Catalunya* (1627). Manuscrito conservado en el Archivo de la Corona de Aragón, Barcelona. Existe una trascripción, con sintaxis y ortografía catalana actualizada, publicada en el número especial de *Tecnologia Forestal* de diciembre de 1996 (Barcelona, Generalitat de Catalunya, Direcció General del Medi Natural).



ORDENANZA,
QUE SU MAGESTAD,
(DIOS LE GUARDE)
MANDA OBSERVAR
PARA LA CRIA, CONSERVACION, PLANTIOS,
Y CORTAS DE LOS MONTES,
CON ESPECIALIDAD
LOS QUE ESTÁN IMMEDIATOS A LA MAR,
Y RIOS NAVEGABLES:
METHODO, Y REGLAS, QUE EN ESTA MATERIA
DEBEN SEGUIR
LOS INTENDENTES DE MARINA,
ESTABLECIDOS EN LOS TRES DEPARTAMENTOS
DE CADIZ, FERRÓL, Y CARTAGENA.
EXPEDIDA EN 31. DE ENERO DE 1748.

DE ORDEN DE SU MAGESTAD.

EN MADRID: En la Imprenta de Juan de San Martin, Impresor de las Secretarias del Despacho de Marina, Indias, y Hacienda.

COMPENDIO,
SOBRE EL MODO DE SEMBRAR,
PLANTAR, CRIAR, PODAR Y CORTAR TODA ESPECIE DE ÁRBOLES,
CON SU DESCRIPCION Y PROPIEDADES,
PARA LA CONSERVACION Y AUMENTO
DE LOS MONTES Y ARBOLADOS;
Y
UTILIDAD DE LOS EMPLEADOS EN ESTE RAMO,
Y DE LOS LABRADORES Y HACENDADOS.

POR D. JUAN BAUTISTA GOLOBARDAS,
Oficial quinto Honorario del Ministerio de Marina,
y Teniente Visitador de montes del Corregimiento de
Vich, Provincia de marina de Ampurdá del
Departamento de Cartagena.

BARCELONA: EN LA OFICINA DE BRUSI
AÑO DE 1817.

10.1. La Marina y los montes: *1) Portada de la Ordenanza de 31 de enero de 1748, aplicable a los montes bajo la jurisdicción de la Marina; 2) Portada del* Compendio *de silvicultura de Juan Bautista Galobardas, teniente visitador de la Marina, que refleja el estado de los conocimientos en la materia a finales del período ilustrado y en el que se ponen de manifiesto algunas de las nuevas preocupaciones en relación con el papel de los montes, tales como su importancia ambiental.*

cindibles para el desarrollo de la Marina, que, en el período en el que aparece el documento, se caracteriza por la reactivación de la construcción naval militar, como resultado del final de la tregua de los Doce Años con Holanda (1621) y la necesidad de una mayor presencia y control en el mar del Norte[15].

Creemos que las *Ordinacions* son un catálogo bastante completo de los principales impactos a que estaban sujetos los bosques catalanes; a los responsables de ellos se les señalaban penas durísimas, al tiempo que se reforzaba la intervención de los comisarios de Marina. Éstos estaban encargados del señalamiento de los árboles destinados a la construcción de navíos y debían levantar una memoria de los señalados, firmada por el alcalde del lugar, a incorporar en los libros de las fabricas de navíos; se les amenazaba además con sanciones en caso de negligencia. Las *Ordinacions*

15 Joan GIMÉNEZ I BLASCO: «La qüestió forestal a Catalunya. Les Ordinacions de 1627», en *Primer Congrés d'Història Moderna de Catalunya*, Universitat de Barcelona, 1984, p. 247.

buscan una mayor racionalización de los aprovechamientos forestales destinados a la Marina, e insisten en determinado momento en el fomento de las plantaciones de arbolado con ese fin, sin tomar prácticamente en consideración las necesidades de los pueblos.

En este sentido, son una normativa casi exclusivamente punitiva, a diferencia, por ejemplo, de la *Instrucción* de Toribio Pérez Bustamante, superintendente de fábricas, montes y plantíos en el corregimiento de las Cuatro Villas cántabras, que fue muy influyente en la legislación forestal posterior. Aunque esta *Instrucción* también se refiere a toda una serie de prohibiciones y las consiguientes multas (aparentemente más suaves que las postuladas en las *Ordinacions*, por cierto), el aspecto central lo constituyen las normas para el desarrollo de los trabajos de silvicultura, con especial énfasis en las labores de repoblación, y cuyos destinatarios eran sobre todo los vecinos de los pueblos.

Vale la pena señalar algunos aspectos de la *Instrucción*, que en 1656 fue confirmada por Felipe IV. En primer lugar, la distinción que hace entre montes reales, de los concejos y particulares, para los que propugna tratamientos y medidas diferentes. Así, en los bosques particulares deja la gestión a la libre decisión de los dueños; en los montes concejiles se remite a las ordenanzas municipales en lo que se refiere a la plantación de árboles, aunque considerando deseable que se plantaran en mayor número, mientras que señala medidas estrictas para las cortas, respecto a las que considera deben concederse menos licencias, y en todo caso que se proceda «usando buena policía, sin talar los montes, ni maltratar, ni desmochar los árboles, cortando y podando en los dos meses desde mediado de Diciembre hasta mediado Febrero, por lo alto, sin tocar en el tronco, dejando horca y pendón con la pica, y guía mejor que tuviera el árbol». En cuanto a los montes reales, se prohíbe cortar árboles sin licencia de la superintendencia, que sólo las concedería cuando fuera del todo imprescindible.

Señala instrucciones para el establecimiento de viveros y para la realización de las plantaciones y otras disposiciones destinadas a la buena gestión del monte. Finalmente, en el punto 17 manda que se lleve un libro especial con el detalle de las plantaciones y cortes, que debía leerse públicamente en la iglesia cada año, y guardarse en el consejo para que estuviera a disposición de los jueces y oficiales, a quienes se encargaba hacer cumplir estrictamente la *Instrucción*[16].

I.3. El fluir de las ideas: la influencia francesa en materia de montes

Las diversas leyes dictadas durante las primeras décadas del XVIII presentan realmente un carácter continuista respecto al siglo precedente. Por ejemplo, en 1716 Felipe V dio una cédula en la que reafirmaba buena parte de la legislación anterior, a las

[16] Puede encontrarse un amplio resumen de la *Instrucción*, con reproducciones textuales en Hilarión RUIZ AMADO: *Estudios forestales. Los montes en sus relaciones con las necesidades de los pueblos*, Imprenta de Puigrubí y Aris, Tarragona, 1870-1872, vol. 2, pp. 957-961.

que se refería explícitamente («por Pragmáticas, y leyes de la Recopilación, especialmente por la setenta y cinco del titulo cuarto libro tercero, la quinta del título séptimo libro tercero, y las décima, quinta, y decimasexta del titulo séptimo libro séptimo») en lo que concierne a fomento del arbolado.

Pero en este período comienzan a entrar decididamente en España las influencias francesas, de las que posiblemente se tenía conocimiento ya, pero que en este momento se presentan como un modelo digno de imitación.

La principal obra de economía escrita por un autor español en estos años, *Theórica y práctica de Comercio y de Marina*, editada en 1724, lo muestra claramente. Su autor, Gerónimo de Uztáriz, era un alto funcionario del gobierno de Felipe V que se mostraba decidido partidario de las doctrinas mercantilistas impulsadas en Francia durante la segunda mitad del siglo XVII por Jean Baptiste Colbert. Éste creía que para aumentar la riqueza del país era fundamental el desarrollo de las manufacturas y el comercio, lo que, según él dependía, entre otros factores, de que Francia dispusiera de una Armada poderosa, pues «éste es [...] el poder marítimo que produciría a la Francia los más seguros medios de descargarse de todo lo que tiene de superfluo [...] el que atraería en cambio al Reino las mercancías extranjeras al mas ínfimo precio»[17].

Uztáriz compartía este punto de vista, a cuya defensa dedicó trece capítulos de su *Theórica* (de los ciento siete que tiene la obra), pues consideraba que la construcción de buenos y numerosos navíos de guerra era el «principal y primer fundamento para un comercio útil, y grande»[18]. Uztáriz defendía la formación de una Armada moderna que incorporara los avances técnicos de la época tanto en materia de construcción de navíos como de armamento, con el fin de poder competir con las potencias europeas y garantizar el comercio con América. Debía estar formada por unidades navales en general con no más de 80 cañones, tamaño que consideraba como el más adecuado, siguiendo en ello posiblemente la opinión de Gaztañeta, en cuyo proyecto naval de 1720 no incluía barcos con más de ese número de cañones[19].

I.3.1. Colbert y la influencia en España de la ordenanza de 1669

Colbert era, pues, un modelo bajo diferentes conceptos, y con seguridad también en relación con la política de montes, que supuestamente se habría puesto de manifiesto años después, en 1748, con las ordenanzas impulsadas durante el ministerio de Ensenada, que habrían representado una verdadera ruptura con toda la tradición ante-

---

17 Jean Baptiste COLBERT: *Proyecto de Mr. Colbert al rey Luis XIV de Francia sobre el comercio. Traducido del francés. Publicado por D. Alexandro de Silva y Ayanz, Comisario de Guerra de los Reales Exércitos*, Imprenta Real, Madrid, 1801, p. 56.

18 Citado por Reyes FERNÁNDEZ DURÁN: «Gerónimo de Uztáriz. Las fuentes de su pensamiento económico», *Información Comercial Española*, 512, 1976, pp. 75-100, a quien seguimos en lo que a Uztáriz se refiere.

19 R. FERNÁNDEZ DURÁN, 1976, pp. 96-97.

rior. Ya hemos dicho que esta afirmación, frecuentemente repetida, está en cambio escasamente justificada. En realidad, una comparación, por somera que sea, entre la *Ordonnance de Louis XIV, roi de France et de Navarre, sur le fait des Eaux et Forêts*, de 1669, y las ordenanzas de montes españolas de 1748 genera muchos interrogantes sobre el alcance de tal influencia. Vamos a referirnos con algún pormenor a ello.

La *Ordonnance* de Colbert es un extenso y minucioso código forestal donde todo está previsto al detalle. Está compuesto de un preámbulo, 32 títulos y 500 artículos. Por su parte, las ordenanzas de montes españolas de 1748 son, en realidad, dos: la de 31 de enero, que responde al nombre de *Ordenanza para la cría, conservación, plantíos y cortas de los montes, con especialidad los que están inmediatos al mar, y ríos navegables*, que atañe a los montes bajo la jurisdicción de la Marina, y la *Ordenanza sobre aumento de plantíos y conservación de montes* de 7 de diciembre, aplicable al resto de montes (aproximadamente, un tercio del total), que no estaban bajo el control de los comisarios de la Marina. No están organizadas en títulos sino en capítulos, equivalentes a los artículos de la *Ordonnance* francesa, numerados correlativamente; en la primera son 79 y en la segunda 39. En total, 118 títulos/artículos de las ordenanzas españolas, frente a los 500 de la francesa.

Pero es que además el contenido de una y otras ni tan siquiera es comparable. La *Ordonnance* francesa regula en primer lugar una verdadera administración forestal considerablemente compleja a la que dedica los primeros catorce títulos (unos 167 artículos), para referirse seguidamente al comercio de la madera, los derechos y usos sobre los productos del bosque, el uso del bosque para la construcción de casas reales y la construcción naval (título 21, con sólo siete artículos), normas aplicables a diferentes tipos de bosques y propiedad, incluidos los particulares; policía y conservación de los bosques, caminos, derechos de peaje, caza, pesca, sanciones y confiscaciones. Apenas nada de esto aparece en las ordenanzas españolas, frente a las cuales la francesa muestra un grado de modernidad sorprendente, a pesar de haber sido redactada 80 años antes.

Todo parece indicar que las ordenanzas de 1748 son una síntesis recopilatoria poco creativa de normativas previas, como las *Ordinacions* catalanas y la *Instrucción* de Pérez Bustamante, puestas al servicio de los intereses de la Marina. Una y otra pueden rastrearse fácilmente en el articulado de las ordenanzas de los montes de Marina, en especial la *Instrucción*. En cambio, las ordenanzas para aumento de plantíos y conservación de montes, aunque tienen el mismo carácter compilatorio, dejan traslucir también otras influencias, como las ordenanzas municipales, a las que se refieren de forma explícita al indicar que los corregidores deberán ocuparse de que lo en ellas contemplado se ajuste a lo establecido en la nueva normativa, lo que quizás pueda interpretarse en el sentido de que las habían tenido en cuenta (y, por lo tanto, sabían de posibles discrepancias que, en efecto, se dieron).

Señalemos otra diferencia fundamental. Colbert, al hacer aprobar la *Ordonnance* de 1669, en cierto modo cerraba un proceso que había comenzado en 1661 –y

sobre todo en 1663– de reforma de la gestión de los bosques franceses. El código de 1669 fue el producto de esta intensa experiencia y también de la labor recopilatoria del conjunto de «toutes les Ordonnances tant anciennes que nouvelles» para constituir un «corps de Lois claires, précises et certaines, qui dissipent toute l'obscurité des précédentes»[20]. Nada parecido a eso se dio en el caso español, cuyas ordenanzas probablemente fueron una solución de urgencia de cara a la puesta en marcha del ambicioso programa de construcción naval de Ensenada. La evolución de la legislación forestal a lo largo de la segunda mitad del siglo parece justificar esto, puesto que, a pesar de ser en ocasiones contradictoria, va aumentando en complejidad hasta concluir en 1803 con la *Real Ordenanza para el gobierno de los montes y arbolados de la jurisdicción de Marina*; en este caso, sí es bastante más perceptible su deuda con Colbert y la legislación francesa. La ordenanza de 1803, aun estando limitada al ámbito bajo control de la Marina, es un verdadero código forestal, algo que no puede decirse de las de 1748. Pero la ordenanza de 1803 apenas estuvo vigente un par de años y en la práctica no tuvo una aplicación real.

¿Qué queda, pues, de la influencia de la legislación francesa en las ordenanzas de 1748? Pues seguramente la voluntad centralizadora y de unificación de la normativa, y la de avanzar hacia un auténtico código forestal que fuera realmente operativo, cuestión esta última que no llegó a concretarse.

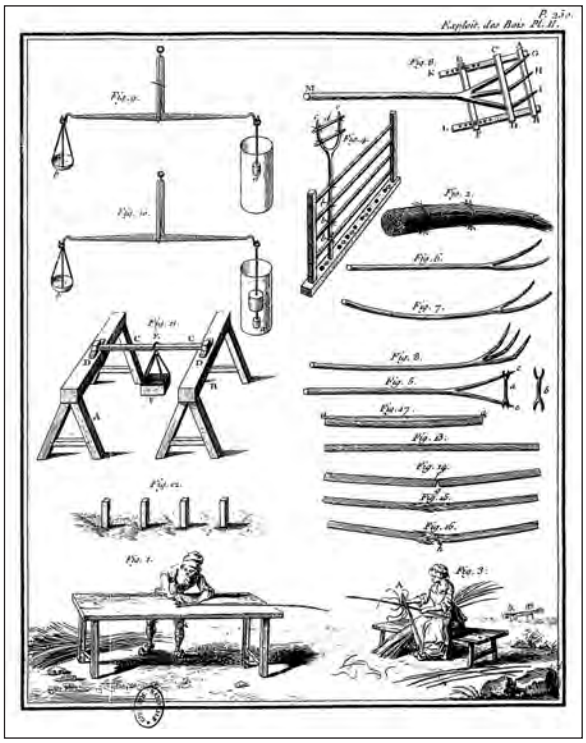
I.3.2. La difusión de las obras de Duhamel du Monceau

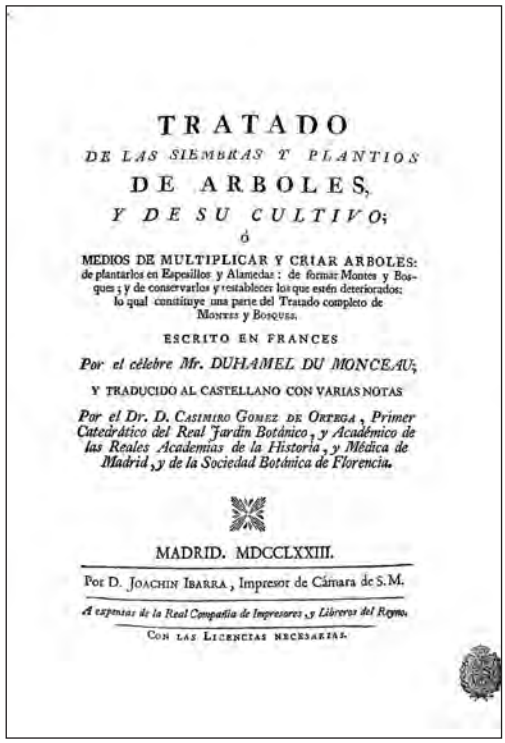
La renovación de la silvicultura que tuvo lugar durante el siglo XVIII de la mano de diversos autores franceses sí se difundió ampliamente en España, en especial a través de la obra de su principal representante, Henri Louis Duhamel du Monceau (1700-1782), auténtico ejemplo de personaje del Siglo de las Luces. En 1731 comenzó a realizar trabajos de investigación en materia de silvicultura para la Marina, para lo que en un primer momento contó con la colaboración de George Leclerc, luego conocido como conde de Buffon, aunque ambos personajes después se distanciaron. Duhamel fue nombrado inspector general de la Marina en 1742 por sus indudables contribuciones a la construcción naval, de la que se había convertido en gran especialista; en ese cargo permaneció hasta 1752, año en que publicó *Les éléments d'architecture navale*, convertida desde aquel momento en obra de referencia en su género. En los años sucesivos se centró en la elaboración de un tratado completo sobre bosques, en seis volúmenes, que fueron publicados entre 1755 y 1769.

Durante la segunda mitad del siglo XVIII se produjo en España un fuerte incremento de las traducciones de obras científicas y técnicas, entre ellas las de agronomía, que pasaron de ser 3 en la primera mitad del siglo a 25 en la segunda. Esta actividad de

---

[20] Preámbulo de la *Ordonnance de Louis XIV, roi de France et de Navarre, sur le fait des Eaux et Forêts*, en M. BAUDRILLART: *Traité général des Eaux et Forêts, Chasse et Pêches*, Huzard, París, 1821, t. I, p. 41.





TRATADO
DE LAS SIEMBRAS Y PLANTIOS
DE ARBOLES,
Y DE SU CULTIVO;
Ó
MEDIOS DE MULTIPLICAR Y CRIAR ARBOLES: de plantarlos en Espesillos y Alamedas: de formar Montes y Bosques; y de conservarlos y restablecer los que estén deteriorados: lo qual constituye una parte del Tratado completo de Montes y Bosques.
ESCRITO EN FRANCES
Por el célebre Mr. DUHAMEL DU MONCEAU;
Y TRADUCIDO AL CASTELLANO CON VARIAS NOTAS
Por el Dr. D. Casimiro Gomez de Ortega, Primer Catedrático del Real Jardin Botánico, y Académico de las Reales Academias de la Historia, y Médica de Madrid, y de la Sociedad Botánica de Florencia.
MADRID. MDCCLXXIII.
Por D. Joachin Ibarra, Impresor de Cámara de S.M.
A expensas de la Real Compañia de Impresores, y Libreros del Reyno.
Con las Licencias necesarias.

10.2. Duhamel de Monceau: *1) Lámina perteneciente a su* De l'exploitation du bois*. En su parte derecha se representa la forma de construir algunos útiles, mientras que en la izquierda se ilustran diversos experimentos destinados a comprobar algunas propiedades de las maderas; 2) Portada de la traducción de Casimiro Gómez Ortega:* Tratado de las siembras y plantíos de los árboles y de su cultivo *(Impr. por Joaquín Ibarra, Madrid, 1773).*

traducción alcanzó su máximo entre 1781 y 1790 en lo que se refiere a economía política y temas relacionados, como los agronómicos o los industriales[21]. En agronomía, lo fueron en su gran mayoría del francés, dentro de las cuales desempeñan un papel destacadísimo las traducciones de Duhamel du Monceau, con nada menos que 13 títulos del total de los referidos 25. Éstas lo fueron, además, por personajes muy destacados del mundo científico o político, como Casimiro Gómez Ortega o el mismo Campomanes, que contribuyó grandemente a su difusión. Como ha afirmado un estudioso del tema, Duhamel fue el autor más traducido en España en el siglo XVIII y sus obras tuvieron un enorme éxito[22].

De las 13 traducciones que se efectuaron de Duhamel, 8 son de tema agrícola y 5 de silvicultura, incluyendo el grueso de las obras que constituían su tratado sobre bos-

---

21 Vicente LLOMBART: «Traducciones españolas de economía política (1700-1812): catálogo bibliográfico y nueva perspectiva», *Cromohs*, 9, 2004, <http://www.cromohs.unifi.it/9_2004/llombart.html>.

22 V. LLOMBART, 2004.

ques. Estas últimas fueron traducidas por Casimiro Gómez Ortega, primer catedrático del Jardín Botánico de Madrid, por encargo del Consejo de Castilla, que asumió su distribución[23]. Esta importante difusión convirtió al referido autor francés en una referencia obligada para los autores que en los años posteriores abordaron temas de contenido agronómico o forestal, como veremos.

Entre 1785 y 1794, José Clavijo y Fajardo tradujo la *Historia natural, general y particular*, del conde de Buffon, que incluye algunos trabajos de tipo experimental sobre montes, escritos conjuntamente por Duhamel y Buffon antes de su ruptura, así como otros materiales de este último en solitario sobre el mismo tema[24]. Las aportaciones de Buffon, aunque no son comparables a las de Duhamel, revisten considerable importancia y fueron objeto de debates de primer orden en el siglo XVIII. Un ejemplo de ello es la memoria presentada en 1791 a la Sociedad Real de Agricultura francesa por Varenne de Fenille, en la que polemiza con Réamur, Duhamel y Buffon en torno a una cuestión tan importante para la economía forestal como es el turno óptimo a que deben ser sometidos los aprovechamientos de los montes[25], una cuestión que aún en la actualidad es objeto de debates.

II

Las ordenanzas de 1748 y la militarización del monte

Como ya se ha indicado, la legislación básica en materia forestal promulgada durante el reinado de Fernando VI está constituida por la *Ordenanza para la cría, conservación, plantíos y cortas de los montes, con especialidad los que están inmediatos al mar, y ríos navegables*, de 31 de enero de 1748, que afectaba a aquellos montes que estaban bajo la jurisdicción de la Marina por razones de tipo militar y que eran los «situados en las inmediaciones del mar y ríos navegables, en distancia en que pueda facilitarse su conducción a las playas» (capítulo 1.º). En el preámbulo se indicaban los motivos de la ordenanza: «Las cortas que indebidamente se han hecho con mucha frecuencia, talas y quemas y el ningún cuidado que se ha tenido y tiene en atender a su importante reparo por medio de los plantíos y visitas», según estaba pre-

---

23 Luis URTEAGA: *La tierra esquilmada. Las ideas sobre la conservación de la naturaleza en la cultura española del siglo XVIII*, Serbal/CSIC, Barcelona, 1987, p. 150.

24 Comte de BUFFON: *Histoire naturelle, générale et particulière*. Suplement, Tome Second, Imprimerie Royale, París, 1775. La parte dedicada a la cuestión de los montes ocupa las memorias once y doce (pp. 311 a 360), entre las que se encuentran los referidos trabajos en colaboración de Duhamel y Buffon.

25 Philibert Charles VARENNE DE FENILLE: «Mémoire Sur l'Aménagement des Bois, & particulièrement des Forêts nationales», en *Observations sur l'aménagement des forêts et particulièrement des forêts nationales*, Imprimerie de la Feueille du Cultivateur, París, 1791, pp. 8-88.

visto en la legislación anterior. A finales del mismo año, el 7 de diciembre, fue promulgada otra norma, la *Ordenanza para el aumento y conservación de montes y plantíos*, destinada a regular el uso de los montes que no caían bajo el control de la Marina, y estaba motivada, se decía, por la tala, quema y deforestación de la mayor parte de los montes, a consecuencia de lo cual «resulta faltar a su preciso abasto la leña y carbón que [se] necesita para subsistir».

Un breve resumen del contenido de la ordenanza de los montes sujetos a la jurisdicción de Marina es el siguiente: los artículos 1 a 6 regulan el ámbito competencial, ordenan su reconocimiento, así como la realización de plantaciones por parte de los vecinos; los artículos 7 a 19 tratan con profusión de detalles cómo deben realizarse los plantíos y ciertos aspectos de su mantenimiento y conservación; del 20 al 33, regulan los aprovechamientos de los montes, y es el articulado seguramente más lesivo para los intereses vecinales, muy mermados en lo que se refiere a las prácticas tradicionales; del 34 al 51 se regulan los procedimientos administrativos; del 52 al 66, se detalla el ámbito territorial del Departamento de El Ferrol; del 67 al 73 se hace lo mismo con el Departamento de Cádiz; y del 74 al 78 con el Departamento de Cartagena. Finalmente, el artículo 79 se refiere a las posibles omisiones en las jurisdicciones departamentales en que «con conveniencia puedan sacarse maderas para más abundante provisión de mis Arsenales», de lo que deben informarse con prontitud los intendentes respectivos y mandar consiguientemente visitadores.

La aplicación de esta ordenanza en extensísimas superficies de los montes españoles, que se han cifrado en torno a los 2/3 del total, representó una verdadera militarización del monte, puesto que militares eran su administración y el cuerpo de funcionarios encargado de ella. Algo que, por otra parte, tampoco debe ser considerado una excepción, puesto que –más allá del papel de la madera como materia prima estratégica para la Marina– responde a algunas de las características del período, en el cual el conjunto de las actividades científico-técnicas presentaba vínculos jurídicos y financieros con los organismos militares[26]. Pero en el caso de los montes esta militarización se puso de manifiesto en aspectos ligados a la vida y a las necesidades más inmediatas de los pueblos, lo que, además de hacerla muy visible, la convirtió en tremendamente odiosa.

Las consecuencias de la ordenanza de montes de la jurisdicción de Marina han sido valoradas de muy diversa manera. El reformismo ilustrado expresó una actitud muy crítica que en ocasiones, como en Jovellanos, llegó a ser de hostilidad extrema; actitud parecida puede encontrarse entre numerosos viajeros, científicos y naturalistas, sobre las que más adelante entraremos en algunos detalles.

---

[26] Antonio LAFUENTE y José Luis PESET: «Las actividades e instituciones científicas en la España ilustrada», en Manuel SELLÉS, José Luis PESET y Antonio LAFUENTE: *Carlos III y la ciencia de la Ilustración*, Alianza Editorial, Madrid, 1988, pp. 39-52.

Con el paso del tiempo, la visión crítica sobre el significado de la ordenanza se ha mantenido y, aunque con matices, puede encontrarse entre algunos ingenieros de montes del siglo XIX. Aunque reconocerán sus aspectos positivos, se referirán a muchos otros que presentaban deficiencias. Las medidas por medio de las cuales se querían impulsar los plantíos eran al parecer poco adecuadas, «imponiéndose además inútilmente con ellas onerosísimos gravámenes a los pueblos», con el resultado de que éstos hacían todo lo posible para que fracasaran. En cuanto a los aprovechamientos (artículos 21 a 30), contaban con el grave inconveniente de dejar su ejecución en manos de los justicias de los pueblos y los subdelegados, lo que dio lugar a frecuentes abusos, además de representar un menoscabo de la autonomía municipal. Entre los propietarios de bosques privados fueron extremadamente impopulares los artículos 33 y 34, que extendían la jurisdicción de la Marina también sobre estos bosques.

En opinión de Ruiz Amado[27], a quien seguimos, con frecuencia y desde el punto de vista técnico estas disposiciones no eran merecedoras de las acerbas censuras que se les aplicaron; en cambio, las críticas son «más justas si se atiende a los resultados que en la práctica se obtuvieron por los abusos, a que dieron motivo por parte de los encargados de su cumplimiento». Eso, aun en el supuesto, muy probable, de que la voluntad de los autores de las ordenanzas,

> «considerando con justicia la importancia suma de los montes bajo el punto de vista de sus productos y la necesidad notoria de fomentar la marina en una nación que tantas costas cuenta y tantas colonias entonces poseía, deseaban sinceramente conseguir el resultado que se habían propuesto, sin causar notables perjuicios a los pueblos y a los particulares y sobre todo sin lastimar sus intereses y sentimientos con la injusta parcialidad, a que, sin quererlo, dieron ocasión»[28].

Aún hoy en día la ordenanza de los montes de jurisdicción de Marina es objeto de valoraciones contrapuestas. Por ejemplo, desde algunos enfoques de la historia forestal se la ha defendido por su carácter innovador y por contener aspectos conservacionistas al regular los aprovechamientos, someter a los montes a un régimen de policía y limitar y regular determinados usos, como la ganadería, históricamente relacionados con la deforestación, etc.[29]

Por contra, desde otras perspectivas de tipo histórico-jurídico y de la historia económica la valoración es mucho más negativa, recordando en cierto modo a las críticas del reformismo ilustrado, y puede resumirse en esta lapidaria sentencia: «En conclusión, la Ordenanza pone en pie un auténtico monstruo de compleja naturaleza: juris-

---

[27] Hilarión RUIZ AMADO: *Estudios forestales. Los montes en sus relaciones con las necesidades de los pueblos*, Imprenta de Puigrubí y Aris, Tarragona, 1870-1872, vol. 2, p. 979.

[28] H. RUIZ AMADO, 1870-1872, vol. 2, p. 985.

[29] Véase, por ejemplo, Gaspar de ARANDA Y ANTÓN: *El camino del hacha. La selvicultura, industria y sociedad. Visión histórica*, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, 1999, pp. 41-42.

diccional, mercantil y técnica»[30], pues instauró una jurisdicción especial a cargo de un cuerpo de funcionarios militares, con una política fuertemente intervencionista en el mercado de la madera, que imponía servidumbres personales a los vecinos (de plantación de árboles), que privaba a los municipios de la libre disposición de sus aprovechamientos y limitaba los derechos de los propietarios privados, etc.

Posiblemente, ambos puntos de vista tengan razón; pues si, por una parte, las necesidades estratégicas y la política centralizadora puesta en marcha por la Administración borbónica llevaba inevitablemente hacia un tipo de regulación como el que comentamos, con énfasis a un tiempo en la racionalización del aprovechamiento de los bosques y en su fomento mediante una política de plantíos, lo cual en la situación de la época representaba, sin duda, unas medidas de progreso, por otro, la forma apresurada con la que se procedió, la militarización de buena parte de los montes y las deficiencias de las propias ordenanzas, que intentaron paliarse en alguna medida a lo largo de la segunda mitad del siglo, hicieron que los resultados fueran con frecuencia los contrarios de los teóricamente buscados.

La promulgación en diciembre de 1748 de la *Ordenanza para el aumento y conservación de montes y plantíos* no mejoró la situación final, puesto que, aunque algunos comentaristas consideran que era técnicamente más perfeccionada, sus efectos fueron mucho menores que los de la primera, al carecer de una estructura administrativa eficiente que la hiciera respetar, lo que la convirtió desde el principio en "letra muerta"; sus efectos se limitaron a algunas plantaciones en los márgenes de los ríos y en los alrededores de los pueblos[31].

Esta ordenanza presenta además una paradoja fundamental, muy ilustrativa por otra parte. De las dos ordenanzas, ésta es la que tiene carácter de jurisdicción ordinaria, de alcance más general, mientras que la de Marina es de carácter extraordinario y particular, como fácilmente se comprende. Sin embargo, en este caso, la primera de las normas tiene solamente competencias sobre una parte pequeña de los montes, mientras que la segunda las tiene sobre la mayor parte de la superficie montuosa[32]. Por otro lado, la jurisdicción ordinaria fue regulada con posterioridad a la extraordinaria, a la que en cierto modo queda subordinada, lo que no deja de ser una situación extraña[33]. Creemos, una vez más, que ello fue resultado de las premuras para la puesta en marcha

---

30 Emilio de la CRUZ AGUILAR: *La destrucción de los montes. (Claves histórico-jurídicas)*, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 1994, pp. 94-95.

31 H. RUIZ AMADO, 1870-1872, vol. 2, p. 996.

32 E. de la CRUZ AGUILAR, 1994, pp. 135-138.

33 En el capítulo XXXIX de la *Ordenanza* de diciembre de 1748 se indica que «por esta declaración no se altera, ni limita lo resuelto en la Real Ordenanza de Marina de treinta y uno de Enero de este año, por quedar, como queda en su fuerza, y vigor, para que los Ministros encargados de su ejecución, y cumplimiento, puedan proceder según sus reglas al corte, y aprovechamiento de todas aquellas Maderas, que estimasen a propósito para la fábrica, y construcción de Navíos, en cualquier parte que las hallen útiles».

de los ambiciosos planes de Ensenada en materia de construcción naval, que dieron lugar a una normativa jurídica y técnicamente deficiente, que no fue corregida en lo sustancial en los años siguientes y cuyos frutos fueron mucho peores de los esperados.

II.1. El estado de los montes hacia finales del siglo XVIII

En las últimas décadas del siglo XVIII existe una apreciación bastante generalizada entre políticos, científicos y viajeros del mal estado de los montes españoles, una opinión que confirma la evolución de los precios de la leña y la madera en el período, estudiados por autores como E. J. Hamilton[34] y Pierre Vilar[35]. Tanto a nivel general como a escala regional, los precios de los productos forestales tuvieron un incremento elevado, aunque con diferencias según las zonas. En Cataluña, por ejemplo, lo hicieron muy por encima de la media española, siendo del orden del 300 % desde 1740-1749 hasta finales de siglo[36]. Luis Urteaga aporta también ejemplos de fuertes incrementos, resultados de la escasez de leña o madera, en lugares como Murcia o la cornisa cantábrica[37].

La incidencia combinada de las roturaciones, las cortas de la Marina, los usos tradicionales del monte –en especial, la ganadería– y los aprovechamientos como combustible de la madera y las leñas –con finalidades domésticas e industriales– había tenido un efecto devastador sobre los montes que las regulaciones de los usos y aprovechamientos y las políticas de fomento del arbolado no sólo no habían frenado sino que con frecuencia habían contribuido a agravar, según puede recogerse en numerosos y cualificados testimonios de la época.

II.1.1. El punto de vista de las instituciones

Las transformaciones agrarias estuvieron en el centro de las preocupaciones de los ilustrados, lo que afectaba también a los montes y plantíos, considerados entonces una rama de la agricultura.

Jovellanos hizo objeto a las ordenanzas de montes de una durísima crítica, al considerar que estaban «fundadas sobre absurdos principios y ajenas a todo espíritu de equidad y de justicia», y que no conducían a otra cosa que a «vejar y afligir los pueblos»[38]. Consideraba que el mal estado de los montes y la escasez de maderas eran el

---

34 Earl J. HAMILTON: *Guerra y precios en España, 1651-1800*, Alianza, Madrid, 1988.

35 Pierre VILAR: *Cataluña en la España Moderna*., Crítica, Barcelona, 1987, 3 vols.

36 P. VILAR, 1987, vol. II, p. 173.

37 Luis URTEAGA: «La política forestal del reformismo borbónico», en Manuel LUCENA GIRALDO (ed.): *El bosque ilustrado. Estudios sobre la política forestal española en América*, Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza e Instituto de la Ingeniería de España, Madrid, 1991, p. 29.

38 Gaspar Melchor de JOVELLANOS: *Informe de la Sociedad Económica de Madrid al Real y Supremo Consejo de Castilla en el expediente de Ley Agraria, extendido por el autor en nombre de la Junta encargada de su formación,* BAE, vol. L, M. Rivadeneyra, Madrid, 1859, p. 92.

resultado de las mismas leyes destinadas a su fomento[39], por lo que solamente el interés particular y la generalización de la propiedad privada podría conseguir la regeneración de los montes:

> «Dígnese, pues, vuestra alteza de adoptar estos principios; dígnese de reducir los montes a propiedad particular; dígnese de permitir su uso y aprovechamiento exclusivo; dígnese, en fin, de hacer libre en todas partes el plantío, el cultivo, el aprovechamiento y el tráfico de maderas, y entonces los hogares y los hornos, las artes y oficios, la construcción urbana y mercantil y la marina Real lograrán la abundancia y baratura, tan vanamente deseada hasta ahora»[40].

La crítica fue una constante entre ciertos sectores ilustrados a lo largo de la segunda mitad del siglo XVIII. Jovellanos no hará otra cosa que recoger tal estado de opinión, del que una personalidad tan significativa como Campomanes avanzaba ya en 1763 lo esencial. Los desarbolados páramos de Madrid y Castilla la Vieja no lo son por su clima seco, señalaba, puesto que antiguamente estuvieron poblados de árboles, «porque cada vecino los tenía a los márgenes de sus tierras por la libertad de cerrarlas»[41]. Para Campomanes, el efecto combinado de la ignorancia en materia de montes y de unas normas opresivas había agravado el problema de la deforestación:

> «La cría de árboles tiene la misma imperfección que la agricultura aunque por distinto camino. Nadie quiere creer en estas Provincias que el plantío y conservación de árboles tenga reglas ciertas, y menos que pueda producir un rédito capaz de indemnizar las fatigas, y costa del cultivo de arboledas. Las providencias tomadas han hecho odiosa la conservación de los montes que el Pueblo mira como un pesado tributo»[42].

La solución a estos problemas creía que pasaba por la ilustración de los labradores a través de instituciones orientadas a tal fin, como la Sociedad de Agricultura que propone en el texto referido, y sobre todo a través de la apropiación privada de los montes.

Desde la Academia de Ciencias y Artes de Barcelona, otro ilustrado, Manuel Barba, criticará también con dureza la ineficacia de las ordenanzas de montes, que en su opinión actúan como un estímulo para su trasgresión, puesto que quien tiene necesidad de leña o madera siempre encontrará el medio de eludirlas[43]. No se trata,

---

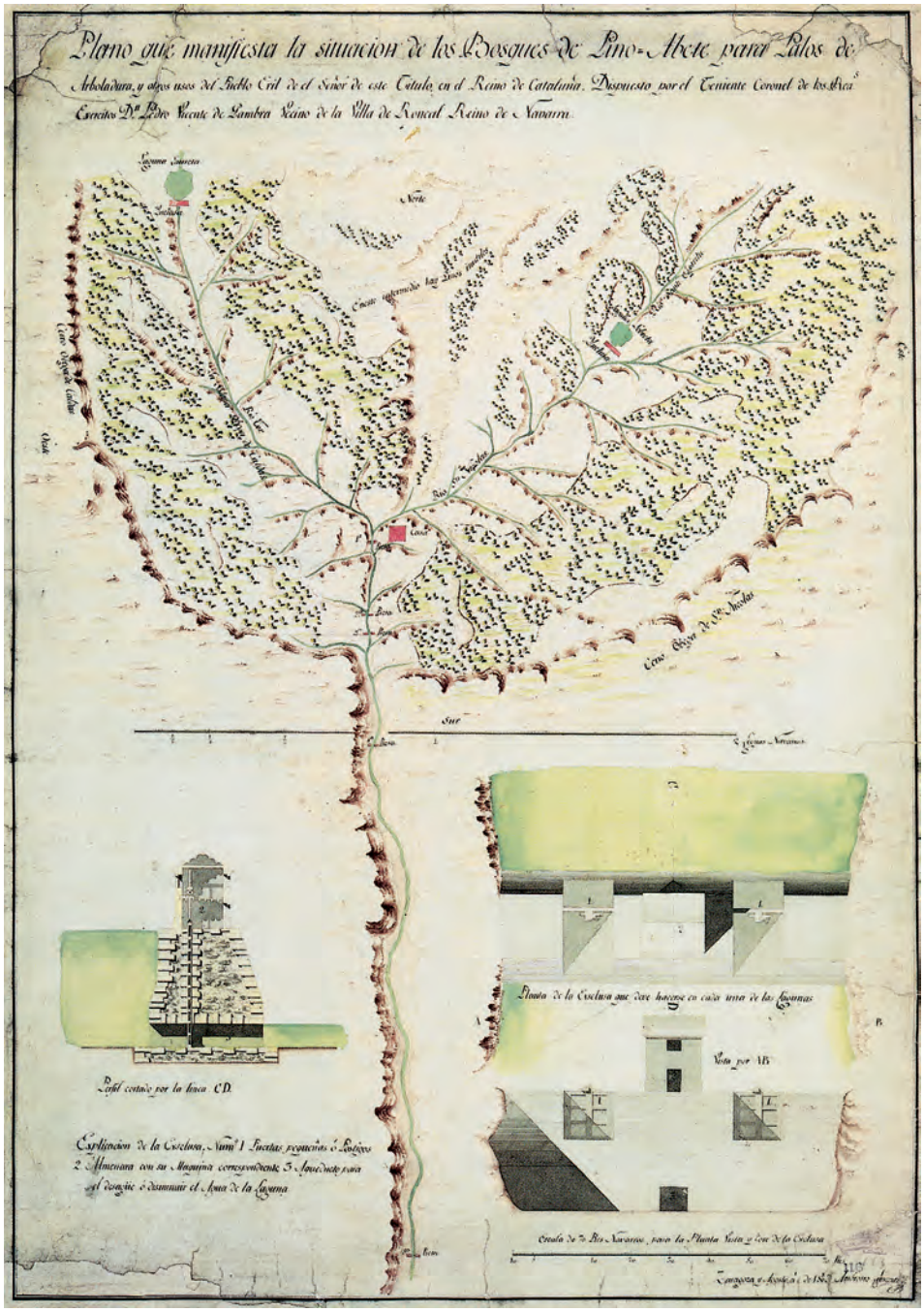
39 G. M. de JOVELLANOS, 1859, p. 91.

40 G. M. de JOVELLANOS, 1859, p. 92.

41 Pedro RODRÍGUEZ CAMPOMANES: «Idea segura para extender i adoptar en España los conocimientos verdaderos de la agricultura» (1763), *Información Comercial Española*, 512 (dedicado a «Historia del pensamiento económico en España. Siglo XVIII»), 1976, p. 69.

42 P. RODRÍGUEZ CAMPOMANES, 1976, p. 71.

43 Manuel BARBA Y ROCA: *Observaciones generales sobre el estado actual de la agricultura en Cataluña*, Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona, Barcelona, 1787. Reproducido en Lluís ARGEMÍ D'ABADAL: *Agricultura e Ilustración*, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, 1988, p. 448.



10.3. Mapa con la situación de los bosques de abetos en el valle de Boí, en el Pirineo catalán, levantado por el teniente coronel Pedro Vicente de Gambra en 1803. *Además de la localización de los abetares, pueden observarse diferentes detalles de la esclusa proyectada para facilitar el transporte de la madera por el río (Fuente:* Atles de les viles, ciutats i territoris de la provincia de Lleida*, Lleida, 2001).*

así, tanto de ir por la vía de las prohibiciones como de fomentar las plantaciones de arbolado, algo, dice, plenamente descuidado y que las visitas de los comisarios de la Marina contribuyen a agravar, puesto que «el labrador disgustado de verse privado del uso de sus árboles y de las vejaciones que le ocasionan, descuida su cría, tiembla a la noticia de acercase los visitadores y corta muchos árboles aún jóvenes por temor de la demarcación»[44].

En 1786, Manuel Sisternes, fiscal del Consejo de Cámara del rey, sugería la conveniencia de que se formaran otras ordenanzas «más acomodadas a los presentes tiempos y a las novedades que en la agricultura se van a establecer»[45], con lo que manifestaba una opinión probablemente generalizada en los círculos ilustrados.

En 1758, se creó en la Junta de Comercio de Barcelona una de las juntas "particulares" vinculadas a la General de Comercio, fundada en 1679[46]. La junta barcelonesa, que destacó por su preocupación hacia la labor formativa en materias técnicas, lógicamente se ocupó del estado del desarrollo económico en el Principado, lo que hizo sobre todo en un escrito de 1780 que ha sido considerado el texto económico catalán más importante del siglo XVIII[47].

Este informe, que proporciona datos detallados sobre el estado de los montes en numerosas poblaciones catalanas, contiene un breve *Discurso general de los montes de Cataluña y estado deplorable a que se hallan reducidos y árboles útiles que podrían hallarse actualmente en la jurisdicción de diferentes Partidos*[48], que ofrece una visión global sobre los recursos forestales del Principado, y de los problemas a los que se enfrentaban. Comienza el discurso señalando la importancia de los bosques para la Marina y el escaso efecto de las diversas ordenanzas y pragmáticas que se habían prescrito al no haber cumplido con su tarea los responsables de hacerlas cumplir, es decir, los justicias de los pueblos, «unos rústicos aldeanos –dice– que alternan cada año en aquellos empleos» y cuyas obligaciones ni tan siquiera acaban de entender, lo que había permitido que los dueños de los montes hubieran talado las mejores maderas cuando les había interesado «a fin de prevenir que no se las cortasen para el Real Servicio de la Marina o de la Artillería».

Aunque, en opinión de la Junta, los árboles eran abundantes en los bosques bajo jurisdicción de la Marina, al haber estado abandonados y expoliados escaseaban los de dimensiones aptas para las piezas principales de los barcos, situación que podía agravarse, dado que, en el presente, «todos cortan y ninguno planta, ni cela como

---

[44] M. BARBA, 1988, p. 449.

[45] Manuel SISTERNES Y FELIU: *Idea de la Ley Agraria*, en L. ARGEMÍ, 1988, p. 227.

[46] P. MOLAS: «La Junta de Comercio». En M. SELLÉS, J. L. PESET y A. LAFUENTE (comps.): *Carlos III y la ciencia de la Ilustración*, Alianza Universidad, Madrid, 1988, pp. 205-216.

[47] Ernest LLUCH: «Introducción» a JUNTA DE COMERÇ DE BARCELONA: *Discurso sobre la agricultura, el comercio e industria del Principado de Cataluña* [1780], Alta Fulla, Barcelona, 1997, p. 5.

[48] JUNTA DE COMERÇ DE BARCELONA, [1780] 1997, pp. 206-209.

debiera hacerse su fomento, de lo que se sigue el bien fundado recelo de que se acabe su especie si no se ocurre al remedio con todas las serias providencias que requiere esta importancia».

La descripción detallada por localidades da idea de que en determinadas zonas los recursos forestales eran todavía apreciables, aunque en algún caso describe una situación extremadamente negativa, como la de los bosques de Tortosa, que habían sido considerados «una de las mejores alhajas de su especie que el rey tenía en sus dominios», pero era en otros tiempos; ahora apenas podían efectuarse aprovechamientos en ellos a consecuencia del expolio de que habían sido objeto desde 1714 hasta mediados de siglo: «Aquellos montes que por tantos siglos se habían conservado florecientes habían sido destruidos en el espacio de 40 años»[49].

A lo largo del *Discurso* van surgiendo las causas del mal estado de los montes, relativo en unos casos y especialmente grave en otros. Entre estas causas se hallaban las roturaciones y la extensión de viñedo, y en este sentido es bastante taxativo. Al hablar de la situación en el partido de Mataró, dice: «Téngase por cierto que tanto en este corregimiento como en los demás de todo el Principado» la causa de la destrucción de los montes reside en «la prodigiosa abundancia de viñas que han plantado y aumentado los precios de las leñas». Las roturaciones también eran causa importante de retroceso del bosque en Manresa y Lleida, mientras que en Puigcerdà y Talarn lo fueron las *fargas* (herrerías), «que dentro de poco tiempo no podrán trabajar más, porque quedaran consumidos» los bosques de los que obtenían el combustible. El consumo de leña y carbón con fines energéticos en las ciudades de Lleida y Balaguer también había contribuido al deterioro de los montes, mientras que en Cervera y en Girona fueron las necesidades de la Marina y la Artillería –suministros a la construcción naval y combustible para la fábrica de municiones de San Sebastián de la Muga– los factores más destacados.

Finalmente, sobre los montes de Tortosa insiste en su mal estado, al que ya nos hemos referido, y hace propuestas para su restauración. Dado que el *Discurso* refleja posiciones ilustradas críticas con la legislación forestal de la Marina, creemos que vale la pena reproducir las propuestas, a pesar de que en realidad no se alejan mucho de las contempladas en las ordenanzas de montes y en otra legislación sobre bosques promulgada durante el siglo XVIII o incluso en siglos anteriores. Dice así:

> «Que desde luego se prohibiese absolutamente cortar pino alguno para fábrica de betunes, aprovechando únicamente para este fin los troncos y pies de los que ya están cortados conforme anteriormente se observaba; que igualmente se prohibiese la entrada de toda especie de ganado en lo interior y en las cumbres de los montes para evitar que unos se coman los pinos y otros los destruyan pisándolos, debiendo pacer los ganados únicamente en el monte bajo y faldas exteriores, en donde se cree probablemente que ni nacen ni se crían estos árboles; que en aquellos sitios de lo interior y de

[49] JUNTA DE COMERÇ DE BARCELONA, [1780] 1997, p. 214.

> la cumbre del monte se sembrasen pinos, porque experimenta que no nacen por las quemas ocurridas en los años pasados, que penetraron la tierra y extinguieron los piñones que contenía; que no se permita cortar pinos jóvenes, o pimpollos, y que se establezca método particular y seguro para la calidad de los que puedan cortarse para los usos propios de los vecinos, y que los celadores sean gente de alpargata que no necesiten de caballería para visitar y correr los montes, mandándoseles que por semanas hayan de hacer residencia fija en ellos, en los sitios que se considerasen más a propósito para precaver todo exceso y fraude.
>
> Los acopios de betunes que pudiesen faltar en el día en estos montes para el surtimiento de la Real Armada, no habiendo otro recurso, podrían recogerse de los montes inmediatos del reino de Aragón, en donde también se hacen ya cortes excesivos»[50].

II.1.2. La visión de los viajeros

Una de las obras mejor informadas sobre la situación económica catalana en las últimas décadas del siglo XVIII es el amplio relato titulado *Diario de los viajes hechos en Cataluña*, del funcionario ilustrado Francisco de Zamora, que entre 1785 y 1790 efectuó diversos recorridos por el Principado, dieciséis de los cuales sintetizó en el manuscrito del citado *Diario*, que no fue publicado hasta 1973[51]. Zamora recogió en sus viajes gran cantidad de datos, entre la que pueden encontrarse interesantes noticias sobre el estado de los bosques. Diversos autores han considerado el *Diario* una importante fuente documental, alguno de los cuales ha prestado atención, además, a sus aspectos forestales[52].

La descripción de Zamora recoge los principales rasgos económicos de los bosques catalanes y es un buen catálogo de las causas de su mal estado. Aporta informaciones sobre las características de su uso, como en la sierra de Collserola, cerca de Barcelona, donde señala que el bosque se aprovecha para leña de los hornos de la ciudad en turnos de diez años, o la rotación entre el cultivo de la vid y plantación de pinos en la comarca del Vallès, donde encuentra «pinares que siembran los dueños en las viñas cuando van en decadencia, y al contrario, cortan los pinos para leña en siendo tal cual crecidos y vuelven a plantar cepas» (p. 33).

Zamora insiste en algunos temas característicos del pensamiento ilustrado. Uno de ellos, la importancia de la propiedad privada para la conservación de los montes, lo repetirá en diversas ocasiones. Y de su corolario, el mal estado de los montes vecinales. En Ribes de Freser, por ejemplo, señala la existencia de terrenos del común (*emprius*) en los que pastaba gran cantidad de ganado pero que carecían de monte, «y sólo en las casas que son dueños de los pastos se ven algunos» (p. 89), de manera

---

50 JUNTA DE COMERÇ DE BARCELONA, [1780] 1997, p. 340.

51 Francisco de ZAMORA: *Diario de los viajes hechos en Cataluña* [1785-1790], Curial, Barcelona, 1973.

52 Jaume FONT y Salvador LLOBET: «El valor geogràfic dels viatges de Francisco de Zamora per Catalunya», *Revista de Geografia*, XXIII, 1989, pp. 49-59.

que los montes comunales «están pelados y cada día se ven en más apuro para la leña» (p. 90). El trayecto entre Puigcerdà y la Pobla de Lillet le pareció un verdadero desierto, carente de montes –al parecer, recientemente talados– y gentes, panorama que sólo mejoró a la vista de fincas de propiedad privada, cuando aparecían algunas manchas boscosas, lo que en su opinión probaba la correlación existente entre «el dominio libre y los bosques» (p. 95), y que la escasez de leña afecta a los pueblos donde los montes son de aprovechamiento comunal, pero no al resto del país, a pesar del gran consumo que se hace (p. 326).

Para Zamora, una de las causas de la degradación de los montes era la injerencia del Estado, a través de la Real Hacienda y de la Marina, en la administración de los recursos forestales, un argumento típico del pensamiento ilustrado, del que hizo amplio uso, por ejemplo, Jovellanos, como ya hemos visto. En diversas ocasiones insiste en los perjuicios derivados de las ordenanzas de montes de 1748 o por lo menos de la manera en que se aplicaban. Camino del Montsec, ante un terreno desnudo de vegetación pero que cree apto para robles si se plantaran bellotas, anota que «la Marina no cuida más que de cortar, y me han asegurado que mucha parte de la madera cortada no va a los astilleros» (p. 217). Más tarde, durante su visita a Girona, recoge de la autoridad eclesiástica una apretada síntesis de esta clase de agravios:

> «A la noche, en conversación con su Ilustrísima, me dijo la gran porción de madera que desde el año 40 ha sacado de su Obispado la Marina, habiéndole dejado destruido y cansados los dueños, para no plantar más, recelosos de iguales cortes sin pagarles lo justo, cortándoles los árboles que les dan frutos, cortándoles a ellos la libertad de cortarlos, o exigiéndoles por la licencia muchos dineros y formalidades, y, finalmente, no pagándoles el estrago que hacen los árboles grandes al tiempo de caer sobre los pequeños, o al tiempo de sacarlos con los carros, ni cuidando evitarlo, sin tener la condescendencia de dejar los que están inmediatos a las casas o sirven de recreación a sus dueños» (p. 315).

Pero no sólo la Marina era responsable del mal estado de los montes. El abuso de determinadas prácticas agrícolas contribuía igualmente a ello, como las roturaciones incontroladas (artiga) en terrenos con mucha pendiente que pudo observar en Ribes de Freser, donde «produciendo sólo el primer año, se lleva luego el agua la tierra, destruye las llanuras, y en los terrenos pendientes nunca vuelve a enceparse la hierba» (p. 89), o en el camino a Sort, donde por efectos de la artiga se producen intensos procesos de erosión al faltarles «la unión de la tierra por raíces, árboles y hierbas» (p. 175). También las ferrerías, que esquilmaban el bosque hasta su agotamiento (p. 88), u otras actividades económicas, como la fabricación de *esclops* (zuecos), cuyo impacto no debió de ser desdeñable, contribuían al deterioro (p. 89).

En algunos lugares actuaban a un tiempo varias causas de deforestación. En Sant Joan de l'Herm, por ejemplo, Zamora describe uno de esos casos: la degradación de sus bosques desde mediados del siglo XVIII la atribuye a los rompimientos de tierras, a las quemas, a los carboneos para las herrerías, no sólo de la zona sino también la que «hacen los franceses para las herrerías de su reino que lindan con el nuestro», a la no

aplicación de las ordenanzas forestales en «los comunes, de que es buena prueba no conservarse en el valle de Castellbó más carrascas que las que son de particulares» y también a la acción de algunos agentes naturales. Finalmente, menciona las cortas efectuadas en la zona por la Marina, cuya desidia burocrática ha dado lugar, dice, a que dejaran «pudrirse muchas piezas que ya estaban labradas, de modo que entre todas las causas dichas da lástima ver la madera que hay perdida» (p. 173).

Un contemporáneo de Francisco de Zamora, Antonio Ponz, realizó un extenso viaje por España entre 1771 y 1792, por encargo de Campomanes, cuyo objetivo no tenía en principio ninguna relación con la cuestión de los montes, puesto que se trataba de reconocer las obras de arte existentes en los colegios de la Compañía de Jesús, recién expulsada. Sin embargo, los 18 volúmenes que recogen el relato de su periplo constituyen una importantísima fuente de información sobre la España del último tercio del siglo XVIII. Ponz va desgranando aquí y allá algunas referencias al estado de los montes por los lugares por los que va transitando. Pero los datos más relevantes que se encuentran en su *Viage* son dos textos que parece que no fueron escritos por él, como el propio Ponz explica, sino por dos personajes cuyos nombres no dice pero cuya identidad puede suponerse con un aceptable grado de fiabilidad.

El primer texto está constituido por una apretada síntesis de la situación de los bosques de Cataluña, las principales características de sus montes y de los impactos a que estaban sujetos. Es claramente optimista sobre la situación en este territorio, que en su opinión debería servir de ejemplo «para las otras Provincias del Reino, donde se ha descuidado, y tal vez aborrecido, la plantación»[53]. A continuación reproduce un texto cuya autor no señala pero sobre el que da algunas pistas que han dado pie a suponer que podría tratarse de Francisco de Zamora[54]; ocupa los párrafos 10 al 20 (pp. 92-98) del tomo XIV.

En primer lugar, se refiere al retroceso de los recursos, que en su opinión se ha producido «de unos cuarenta años a esta parte», es decir, desde el establecimiento de las ordenanzas de montes de la Marina, debido a las cortas que se hicieron durante el reinado de Fernando VI «por cuenta de su Real Hacienda, y por la de sus empresarios, y asentistas». Seguidamente señala las otras causas que han contribuido a la tala: aumento de la labranza, extensión de los viñedos, construcción de edificios, buques marítimos, fábricas, «a causa del notable incremento que la población, y el comercio han tomado en tan pocos años»[55]. Aun así, considera que en Cataluña no escasea gravemente ni la leña ni la madera, y opina que se basta para cubrir sus necesidades.

---

53 Antonio PONZ: *Viage de España, en que se da noticia de las cosas más apreciables, y dignas de saberse, que hay en ella*, Viuda de Ibarra, Madrid, 1772-1794, t. XIV, p. 92.

54 Ésta es la opinión de Pierre VILAR, *op. cit.*, t. 2, p. 174.

55 A. PONZ, 1772-1794, t. XIV, p. 92.

Sí que comienza a faltar el pino melis, utilizado para la construcción, en alguna zona de aprovechamientos tradicionales, como en los montes de Tortosa, aunque se obtiene de los montes pirenaicos a través de los ríos Segre, las dos Nogueras y el Ter, «siendo ahora más difícil y costoso el acopio y acarreo, pues se ha de ir a buscar a sitios más distantes de la mar; pero se recompensa este perjuicio con el menor valor que se logra en dichos lugares»[56].

Además de las noticias puntuales a lo largo de la obra, hay otro momento en que Ponz dedica especial atención al tema de los montes. En el prólogo del tomo XIII incluye un extenso texto debido a uno de sus "amigos" en quien concurren «las recomendables circunstancias de su gran teórica, y práctica de cuarenta años que hace que sirve a S. M. y actualmente es jardinero mayor en uno de sus Sitios Reales»[57]. Este texto (pp. IV-LXI) es en realidad un manual de arboricultura que Ponz incluye por las razones que él mismo explica, al preguntarse de qué servía clamar contra la deforestación y falta de plantíos si nadie daba las reglas, ni enseñaba la manera de efectuarlos:

> «Fácil es decir: plántense árboles, manifestar la extrema necesidad que hay de hacerlo. También es fácil mandarlo, como repetidas veces lo ha hecho la superioridad; pero ¿qué ha sucedido? En lugar de la multiplicación, sólo se ha conseguido su destrucción; porque ni las justicias, y magistrados de los pueblos, que habían de dar cumplimiento a las órdenes del Consejo, ni los infelices labradores, a quienes se precisaba a ejecutarlas, entendieron más que arrancar mal las plantas de las riberas, sotos, o de otra parte en donde vivían, para ponerlas donde por falta de conocimiento se habían de morir luego, como más de una vez se ha dicho esto mismo en el citado Viage de España»[58].

En consecuencia, el manual de arboricultura que incluye Ponz responde a la necesidad de divulgar los conocimientos necesarios para poder ejecutar las plantaciones con garantías de éxito. Pero las 57 páginas que dedica a ello no constituyen, en realidad, un tratado de silvicultura aunque fuera resumido, algo que podría haberse esperado, puesto que por aquellos años ya se habían traducido las principales obras de Duhamel, como hemos visto. El texto es simple arboricultura y toma como principal fuente la *Agricultura general* de Herrera.

Hay opiniones diversas sobre quién fue el autor de este pequeño manual. Se ha argumentado que podía tratarse de un resumen de Duhamel realizado quizás por Gómez Ortega[59], o que se debía a alguno de los hermanos Boutelou[60]. Como esta

---

56 A. PONZ, 1772-1794, t. XIV, p. 96.

57 A. PONZ, 1772-1794, t. XIII, p. IV.

58 A. PONZ, 1772-1794, t. XIII, p. II.

59 «Antonio Ponz llegó a incluir un pequeño tratadito sobre los plantíos de árboles en su *Viaje a España*, que no es otra cosa que una breve compilación de una de las traducciones de Gómez Ortega», Luis URTEAGA: *La tierra esquilmada. Las ideas sobre la conservación de la naturaleza en la cultura española del siglo XVIII*, Serbal/CSIC, Barcelona, 1987, p. 152.

60 Braulio ANTÓN RAMÍREZ: *Diccionario de bibliografía agronómica y de toda clase de escritos relacionados con la agricultura*, M. Rivadeneyra, Madrid, 1865, p. 352.

cuestión tiene interés para conocer los mecanismos de difusión del conocimiento botánico aplicado en España, vale la pena decir algo al respecto. Las pistas que da Ponz sobre el autor –jardinero mayor en uno de los Reales Sitios que lleva cuarenta años sirviendo al rey– hacen imposible que sea Gómez Ortega –farmacéutico, nacido en 1740 y que en 1771 entró como profesor en el Jardín Botánico–, y menos alguno de los hermanos Boutelou (nacidos, respectivamente, en 1774 y 1776). Nos inclinamos más bien por pensar que se trata de Pablo Boutelou, padre de Claudio y Esteban, que, efectivamente, fue jardinero mayor de Aranjuez.

Pablo Boutelou formaba parte de la tercera generación de jardineros con este apellido, que habían venido a España con Felipe V y estuvieron vinculados a los Reales Jardines de la Granja de San Ildefonso y Aranjuez, que contribuyeron a diseñar. A Pablo Boutelou se le debe además la aclimatación de diversas plantas exóticas[61]; es autor de un *Catálogo de los árboles y arbustos del Jardín del Príncipe, en el Real Sitio de Aranjuez, con sus nombres, que se han aplicado en latín y a muchos de ellos en castellano*, incluido como adición a la tercera reimpresión del primer tomo del *Viage de España*. La circunstancia de que Pablo Boutelou hubiera colaborado con Ponz en otra parte del *Viage*, y el hecho de cumplir las dos características señaladas –llevar cuarenta años al servicio real y ser jardinero mayor de un Real Sitio– nos hacen pensar que también sea el autor del manual de plantíos contenido en el tomo XIII.

Sin duda, la labor de los jardineros mayores fue importante en la difusión de las técnicas para la ejecución de plantíos, pero es todavía mera arboricultura, no silvicultura basada en criterios científicos como la que se desarrollaba en Francia, por ejemplo, de la mano de autores como Duhamel o Buffon.

La intención de Ponz al incorporar el pequeño manual de plantíos era modesta. Iba dirigida, señala, a los labradores totalmente ignorantes en la materia, evitando extenderse en menudencias «sobre la teórica de las plantas, que quizá hubiera sido un medio de enervar su discurso, y le ha parecido mejor reducirle a las reglas prácticas»[62]. De todas maneras, manifiesta serias dudas sobre el éxito de las iniciativas de impulsar los plantíos. Después de reproducir una providencia del Consejo de Castilla dedicada a tal cuestión, que a su vez se remite a diversa legislación anterior, se pregunta si después de dos siglos de tristes experiencias en la materia se conseguirá ahora establecer una política de plantíos capaz de suministrar el carbón y la madera necesarios, cuando se hubiesen acabado los existentes. Un interrogante que en las décadas siguientes irá agrandándose.

---

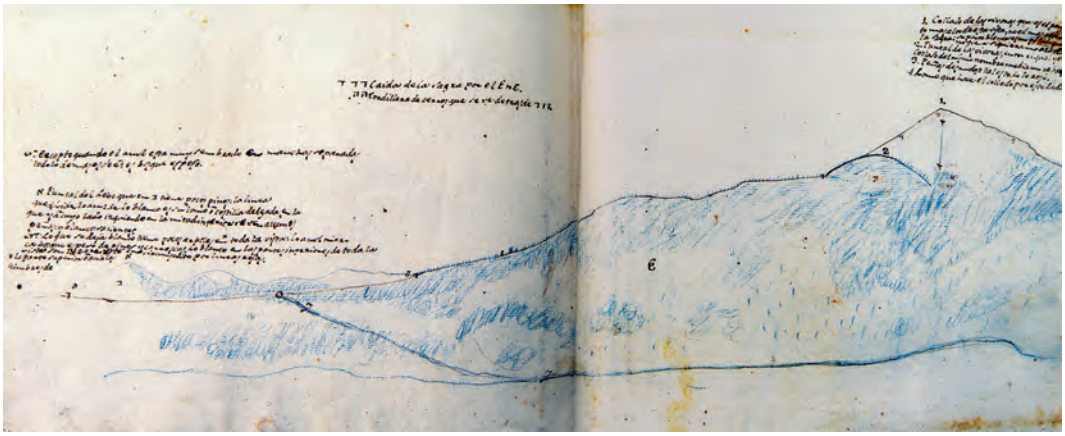
61 El árbol genealógico de la familia Boutelou desde su llegada a España puede encontrarse en Francisco Javier SALGUEIRO y Salvador TALAVERA: «Herbarios históricos de la Universidad de Sevilla: contenido, interés y estado de conservación», *Boletín de la Asociación de Herbarios Ibero-macaronésicos*, 3, 1998, pp. 5-8.

62 A. PONZ, 1772-1794, t. XIII, pp. LVII-LXIII.

II.1.3. La visión de los naturalistas

Los naturalistas españoles del siglo XVIII tuvieron una muy precisa opinión sobre el estado de los bosques, de la que dejaron constancia en diversos escritos, como son los casos de Guillermo Bowles, José Cornide o Ignacio de Asso, entre otros. De estos testimonios nos hemos centrado en dos: el de Cavanilles, muy conocido pero cuyas reflexiones nos ha parecido que era preciso recordar, y el de Simón de Rojas Clemente y Rubio, que lo es bastante menos debido entre otras cosas a que el contenido de los textos era de difícil acceso hasta fechas recientes. En uno y otro caso se refleja la situación de los montes en las postrimerías del siglo XVIII o primeros años del XIX, lo que en cierto modo representa un balance de los resultados de cincuenta años de rigideces ordenancistas en la materia.

Los textos de Clemente están constituidos por los manuscritos de sus recorridos de herborización por Andalucía entre 1804 y 1809[63], que se hallan salpicados de otras informaciones, escuetas pero precisas, sobre diferentes aspectos de la vida de los pueblos y, entre ellos, del estado de sus montes. Estos apuntes a modo de *flashes*, vistos en su conjunto, dan una idea rigurosa si no del estado de los montes de las zonas andaluzas objeto de sus investigaciones, sí por lo menos de los principales elementos que contribuían a su degradación, como vamos a ver seguidamente.



***10.4. Mapa manuscrito de una parte de la sierra de la Sagra, perteneciente a la* Historia Natural del Reino de Granada.** *La toponimia viene expresada por números y letras. En azul está representada la vegetación, los blancos son rasos y el rojo indica peñas desnudas. Clemente describe así esta zona: «La Sagra, fuera del pelado de arriba [...] está llena de pinos [...] todos de la especie que llaman blancos [...] y de encinas que llaman carrascas. [...] Su bosque aunque densísimo todavía, ha ido a menos por la mucha madera que se ha cortado de él para Murcia y Arsenal de Cartagena» (Fuente: Simón de Rojas Clemente:* Viaje a Andalucía. Historia Natural del Reino de Granada, 1804-1809).

63 Simón de Rojas CLEMENTE Y RUBIO: *Viaje a Andalucía. Historia Natural del Reino de Granada (1804-1809)*, Griselda Bonet Girabet editor, Almería.

En primer lugar, refirámonos a la huella de la Marina. Clemente la encuentra en bastantes lugares, por ejemplo en los alrededores de Algeciras, de donde se saca madera con destino a La Carraca, que transportan hasta el embarcadero con carretas y bueyes y que, en aquel momento, «se quejan los vecinos de que les quitan con violencia uno y otro de sus labores y que no les pagan, habiendo resultado de aquí la ruina de algunos vecinos» (p. 130). Disgusto también por las siembras de pino impulsadas por la Marina entre algunos propietarios, al ser el terreno poco propicio para ello (p. 131). En Granada se achaca la escasez de leña para combustible al rigor de las ordenanzas de montes. En la Sagra también encuentra que los bosques han disminuido como resultado de las cortas con destino al arsenal de Cartagena (p. 584).

El caso de Trevélez lo trata con algo más de detalle, seguramente por sus características especialmente lamentables. Los vecinos, al no disponer de zona de pasto en invierno, se veían obligados, debido a la nieve,

> «a tener el ganado encerrado en sus corrales y alimentarlos malamente con las ramas de encina que van a cortar de las encinas más inmediatas para traerles. Así van por leña para cocer y abrigarse a lo más próximo y luego les reconviene y multa el Ministro de Marina (que reside en Motril) porque destruyen así el monte sin poderlo remediar. No pueden hacer durante el tiempo bueno acopio de leña para el malo, porque aquél es el único y ocupadísimo en que han de salir de sus faenas, y en el malo (que es cuando en otros pueblos se acopia leña para el año) no pueden alejarse de sus casas».

Tal estado de cosas había motivado que reclamaran –débilmente, señala– poder disponer de zonas de pasto de invierno y un reglamento particular de montes para su pueblo. Y completa su descripción Clemente:

> «No hay en Trevélez madera de construcción, que tampoco podría llevarse a la playa por lo quebrado del terreno intermedio; nadie planta un árbol, se destruye el monte alto y el bajo, se van apurando las rascas (así llamaban a la rascavieja), que es la leña que queman comúnmente y que en algunos sitios la da con profusión la tierra» (pp. 692-693).

También comenta otras actividades relacionadas con la construcción naval, como la extracción de alquitrán. En Castril encuentra bosques de pinos de excelentes características para la obtención de alquitrán y brea, actividad a la que se dedican los vecinos, que la venden al rey con destino al arsenal de La Carraca. Sin embargo, al estar supeditada la producción a las necesidades navales, en ocasiones pasan varios años sin que pueda emplearse a nadie en estas labores. Por ello, es una industria, señala, que casi no presenta utilidad para Castril, al no garantizar la subsistencia fija de ningún individuo (p. 263). También en Sierra Bermeja encuentra hornos para fabricar alquitrán.

Se refiere asimismo a otras instalaciones industriales consumidoras de madera para combustible, como la fábrica de plomo de Luxar o las dos fábricas de azúcar de Almuñécar, cuyo impacto describe en los siguientes términos:

> «Las dos Fábricas de Azúcar de Almuñécar consumen cada año cerca de treinta mil cargas de leña menuda, lentisco, jara, retama, etc. y necesitan también una gran porción

> de madera de diferentes especies como encina, alcornoque, quejigo álamo, pino, algarrobo, almez y otras; compran la de acebuche por arrobas. Ya por los continuos desagües se hace preciso traerlas de dos leguas de distancia y, como no se plantan árboles, faltará del todo muy pronto la madera para estas fábricas que, por esta causa, tal vez se arruinen viéndose precisados los aviadores a subir la molienda a un precio que no acomode a los cultivadores, como ha sucedido con los Ingenios de Marbella, Nerja, Salobreña y otros de la Costa. En las rozas suelen destruir tiernos arbolitos espontáneos de encina, pino y acebuche, etc.» (pp. 149-150).

La escasez de combustible es también un problema para la herrería de Serón, que, a pesar de su excelente rendimiento, podría ser causa de su decaimiento (p. 293).

El carboneo es otra actividad a la que se refiere con alguna frecuencia. Le achaca, por ejemplo, ser una de las causas de la disminución de los bosques de los alrededores de Algeciras (p. 130). En otras partes detecta prácticas fraudulentas, como en la provincia de Granada, donde se venden como carbón de encina mezclas que incorporan un porcentaje de quejigo, roble o álamo (p. 192-193), lo que, sin duda, es un reflejo del retroceso del encinar. También alude en algunos casos a las roturaciones excesivas y a las quemas como causas de la regresión forestal.

Aquí y allá, Clemente encuentra testimonios del retroceso del bosque, como en San Cristóbal, cuyos vecinos más viejos recordaban las montañas cubiertas de encinas, y en el momento de visitarlas Clemente se hallaban muy mermadas, por lo que señala que su «esterilidad y desnudez» no se deben sólo a la «naturaleza caliza y seca» del terreno, sino que tienen un origen antrópico (p. 786-787). En algún caso describe someramente cómo actúan algunos de estos impactos de las actividades humanas, como en Baza, donde, a pesar de todo la vitalidad de los pinares, consigue sobreponerse:

> «Parece que el hombre no puede extinguir el pino de la Sierra de Baza. Por todas partes nace el pino y crece sin auxilio y aun a pesar del hombre; éste hace quemas para que le dejen rozar, abandona lo rozado luego que lo esquilma y continúa persiguiendo al bosque, en tanto las lluvias arrastran al barranco la tierra de lo rozado y dejan pelada la roca donde difícilmente arraigará ya el pino» (p. 252).

En la que es seguramente la más conocida historia natural del siglo XVIII, las *Observaciones sobre la historia natural, geografía, agricultura, población y frutos del reyno de Valencia*, escritas hacia finales del siglo por el valenciano Antonio José Cavanilles –naturalista seguidor de A. Jussieu, director del Jardín Botánico de Madrid, donde sucedió a Casimiro Gómez Ortega–, pueden encontrarse igualmente, y como es lógico en una obra de esta naturaleza, indicaciones acerca del estado de los montes valencianos, aunque ciertamente son menos abundantes de lo que cabría esperar en un texto que describe el antiguo reino de Valencia pueblo a pueblo.

También se encuentran informaciones sobre el papel de la Marina y los conflictos con los vecinos de los pueblos, a veces a consecuencia de los impedimentos puestos a las roturaciones y a los aprovechamientos vecinales, como en el siguiente caso, referido a los vecinos de Catí:

> «Con pretexto de criar árboles para la Marina real se acotan términos inmensos, muchas veces inútiles para el fin que se intenta. Porque no todo terreno es apto para pinos, ni aun aquellos en donde espontáneamente nacen y crecen hasta cierta altura. Danse órdenes generales, y se ponen en ejecución sin examen, sin conocimiento de los terrenos; por donde se perjudica gravemente á los pueblos, y el Estado ningún útil recibe»[64].

Aunque Cavanilles censura las limitaciones impuestas por la Marina a las roturaciones o a los aprovechamientos vecinales, en otras ocasiones considera que la escasez de bosques es producto del cultivo o de otras actividades económicas, por ejemplo de los hornos, lo que hace que en poblaciones como Burriana falte la leña, que tienen que ir a buscar a cuatro o seis horas de distancia, según dice[65].

Cavanilles se plantea el problema general de la deforestación del país, sus causas y posibles remedios. Respecto a lo primero, establece una relación causal con el incremento de la población, lo que ha dado lugar a que «los vecinos para sustentarse han reducido a cultivo porciones inmensas antes eriales, y que han talado en otras los vegetales para alimentar los hornos, dejando pelados los montes y las lomas, que en otro tiempo negreaban por la multitud de árboles y arbustos», aunque también señala que parte de estos nuevos cultivos lo son de tipo arbóreo, como olivos, almendros o viñas, de modo que convenientemente tratados puede obtenerse de ellos, por la poda, una cantidad importante de leña, con lo que la disminución de su disponibilidad no ha sido tan acusada. En cambio, en las zonas donde el cultivo es de base cerealística, sí se ha producido una reducción absoluta[66].

A pesar de estas matizaciones, Cavanilles considera que el retroceso del monte era preocupante, proceso que interpreta, como ya se ha señalado, como resultado del incremento de la población, un enfoque claramente moderno. Señala Cavanilles:

> «Al paso que se multiplicaba nuestra especie y la agricultura, se rozaban y talaban los cerros y faldas de los montes, sin cuidar jamás de replantarlas. Renacían cada día las necesidades, mas no los árboles ni arbustos; y no hallando al fin bastante leña en los retoños, arrancaron hasta las raíces. Otros enemigos formidables hacían con frecuencia estragos en el interior de los montes, y sitios apartados de poblado. Los pastores las más veces para lograr mejores pastos, y algunas por malicia, quemaban y destruían en una noche los vegetales. He visto pruebas de esta maldad en los montes de Énguera, de Peñagolosa, del Pinét, sin que los delincuentes hayan sufrido la pena merecida. Finalmente algunos con apariencia de utilidad pública han disminuido los bosques útiles: piden licencia para reducir a cultivo parte de ellos; luego hacen un roce general de árboles y arbustos convirtiéndolos en cenizas; aran después la tierra, cogen granos por algunos años, y muy pronto la abandonan, resultando de allí la destrucción del monte sin aumento del cultivo»[67].

---

64 Antonio Josef CAVANILLES: *Observaciones sobre la historia natural, geografía, agricultura, población y frutos del reyno de Valencia*, Imprenta Real, Madrid, 1795, vol. I, p. 25.

65 A. J. CAVANILLES, 1795, vol. I, pp. 107-108.

66 A. J. CAVANILLES, 1795, vol. I, p. 227.

67 A. J. CAVANILLES, 1795, vol. I, p. 227.

Cavanilles, lógicamente, busca la solución en la repoblación de los montes, pero con el grave inconveniente de que las extracciones de leña y, sobre todo, la presencia del ganado la hacen inviable: aunque se planten los montes y eriales, dice, «el único medio para plantarlos y perpetuarlos será la prohibición de introducir allí ganados, y de que los hombres entren a destruirlos». Pero semejante prohibición, que ya venía establecida en las denostadas ordenanzas de montes vigentes, cree que tenía el inconveniente de ser perniciosa para la agricultura y «quedarían infelices muchos pueblos»; busca, pues, un medio que permita solventar tales dificultades, lo que cree hallar en un sistema de rotación en que las zonas no cultivadas se dividirían en seis partes, cinco de las cuales se destinarían a pastos y obtención de leñas, mientras que la sexta lo sería a plantíos y bosques. En esta parte estarían totalmente prohibida la entrada de ganado o cualquier tipo de corta hasta transcurridos ocho años, cuando el monte ya se hubiera recuperado, momento en que se permitiría el aprovechamiento del monte bajo: «Descargar y aclarar los árboles, presidiendo a esto los inteligentes que nombrase el Ayuntamiento: podrían también entonces entrar los ganados, y quedar ya libre aquella sexta parte del término, cerrando otra por igual número de años para repetir en ella lo que en la antecedente, y sucesivamente en las otras restantes»[68].

III

El lento arraigo del conocimiento científico del monte en España

En la España del siglo XVIII hubo excelentes naturalistas y botánicos, pero la dimensión aplicada de estas ciencias se desarrolló escasamente, al menos en lo que se refiere a los montes. España no tuvo ningún Duhamel ni ningún Rozier: la silvicultura moderna tuvo sus buenos traductores literarios –Gómez Ortega, Álvarez Guerra–, pero no traducción práctica y, menos, adaptación a las circunstancias propias del país. Sin embargo, el conocimiento científico poco a poco fue llegando –«por gotas», como diría un ilustre forestal del siguiente siglo–, a lo que contribuyeron personajes e instituciones de diferente signo. Centraremos la atención en algunas individualidades vinculadas profesionalmente a la Marina, al Jardín Botánico de Madrid y a la Sociedad Económica Matritense.

III.1. La labor de los técnicos de la Marina

En 1717 José Patiño fue nombrado intendente general de la Marina y, en cuanto tal, asumió entre sus competencias todo lo relacionado con el plantío y explotación de los montes. La puesta en marcha de un plan de construcción naval implicó entre otras iniciativas la activación del astillero de Guaranizo, la creación del arsenal de La Carraca, en Cádiz, y la planificación de los de Cartagena y El Ferrol, que unas décadas

68 A. J. CAVANILLES, 1795, vol. I, p. 228.

después serán construidos durante el ministerio del marqués de la Ensenada, momento en el que se da un gran impulso a la política de montes y a su control para garantizar el abastecimiento de madera para la fabricación de navíos, como hemos visto.

Lógicamente, esto lleva a los marinos a preocuparse por el monte, lo que se pone de manifiesto en alguno de los más destacados tratados de construcción naval, como es el *Diccionario demostrativo con la configuración y anatomía de toda la arquitectura naval moderna*, elaborado entre 1719 y 1756 por Juan José Navarro de Viana, marqués de la Victoria (1687-1772)[69], que en 1750 llegó a desempeñar el cargo de director general de la Armada. En esta obra extraordinaria, constituida a base de láminas de gran formato, están dedicadas a los montes las láminas 21, 22, 23, 24, 25 y 26[70], en las que se abordan diferentes trabajos o se informa sobre la madera adecuada u otros productos de los bosques destinados a la fabricación naval. Esto incluye la obtención de diferentes troncos con la forma y dimensión apropiados para convertirse en determinadas piezas de los barcos, un trabajo que iba más allá de la mera labor de selección. En la lámina donde se describen las formas de los troncos y el tipo de pieza para la que estaban reservados, se incluye una nota que dice: «En los bosques de construcción se habría de tener cuidado que a los árboles tiernos y fáciles de doblar, el darle la figura de todos los ángulos que forman las curvas, era un proyecto convenientísimo para tenerlas más sólidas y más fuertes de las que forman las ramas»,

69 Conocido como *Álbum del Marqués de la Victoria*, el manuscrito se encuentra en el Museo Naval de Madrid. En 1995 se hizo una edición facsímil, con una presentación de José Ignacio González Aller Hierro, director del Museo (Lunwerg, Barcelona, 1995).

70 Los títulos de las referidas láminas son los siguientes:

«21. Diferentes figuras de troncos y ramas de árboles de robles, pinos y cedros; que en los bosques destinados para la construcción de navíos se debe saber a su tiempo cortar para aprovecharlos a formar las principales piezas que entran en su construcción escogiendo, los más sanos, y los más libres de fendas, siendo los mejores los que estuviesen plantados al norte del bosque a fin después de cortados enviarlos, o ponerlos en el agua.»

«22. Mapa topográfico, con la explicación de todos los lugares de Cataluña, Aragón, Navarra y Castilla, donde se cultiva y recoge cáñamo, y la cantidad anual que hacen; los hornos de alquitrán, brea y betún. La descripción de los ríos Ebro, Cinca, Segre, Aragón, Gállego y Esca, con todos los montes de bosques inmediatos a estos ríos propios para la construcción de navíos.»

«23. Estado de los montes y arboledas de la provincia de Jerez de la Frontera.»

«24. Plano geográfico y mapa general de los pueblos, montes, arboledas, longitud y latitud de su extensión, justicias y guardas que los custodian, vecindarios. Matriculados, y embarcaciones, que comprende el partido de Tarifa, según resulta de la Inspección ejecutada en los años, de 1749, 1750, 1751 y 1752.»

«25. Plano geográfico e hidrográfico, y mapa general de todos los pueblos, montes, arboledas, latitud, y longitud, gobernadores, y justicias de sus vecindarios, matriculados, y embarcaciones que comprende toda la provincia de la ciudad de Sanlúcar de Barrameda.»

«26. Canal donde se tiene enviada la madera. Tinglado donde se conserva, en los arsenales; corte de los árboles, en los bosques de construcción, y conocimiento después de cortados de su calidad y bondad.»

es decir, se trataba de hacer adoptar a los árboles, desde pequeños, la forma adecuada para la pieza a la que van destinados. No otra cosa fue el primer encargo que en 1731, por la misma época, recibiera Duhamel para la Marina y que marcó el inicio de su fructífera colaboración.

Las láminas 22, 23, 24 y 25 son mapas de la cuenca del Ebro, la provincia de Jerez de la Frontera, Tarifa y Sanlúcar de Barrameda, y en ellas se representan el estado y características de los montes, además de otras informaciones, estadísticas, etc. Comentaremos brevemente el contenido del que nos parece más interesante, el referido a la cuenca del Ebro y a otras cuencas interiores de Cataluña.

El mapa incluye la localización de los principales montes de interés para la Marina, que van dibujados sobre el mapa topográfico e indicados con una letra. Pero lo que confiere especial relevancia a la lámina son los numerosos datos que contiene sobre otros aspectos de los montes, relacionados con la construcción naval, entre los que se encuentran los lugares donde se cultiva cáñamo y la ubicación de los hornos de alquitrán, brea y betún de los alrededores de Barcelona. Reproduce el reconocimiento para la obtención de maderas de los ríos Ebro, Cinca, Segre, Gállego, Aragón, Esca y otros «con todos los bosques inmediatos y montes de madera propia para arboladura y piezas de construcción para navíos», efectuado en abril de 1739 por el capitán de fragata Juan Valdés y Castro y el comisario de Marina Antonio Gallegos, quienes describen el contenido de los montes de cada cuenca. Tiene interés reproducir las conclusiones del reconocimiento, porque dan una imagen todavía buena y que puede tomarse como punto de referencia para evaluar lo que pasó en las décadas siguientes. Dice así:

> «De todo este Reconocimiento se viene a sacar que S. M. (que D^{s} g^{de}) a poca costa tiene para cuanto ha menester, para todo género de arboladuras, tablonería y cuartones para una grande Armada (según el cómputo prudencial del referido oficial), por más de 100 años en cuyo espacio de tiempo creciendo los demás árboles de poca circunferencia y largo, y renovando el plantío, se halla ser el más rico Príncipe del mundo (con las Indias) en madera y palos para la construcción de los navíos, teniendo el resguardo debajo de graves penas, a no permitir se toquen, corten o talen montes y bosques sin expresa orden suya, o de los ministros de Marina».

Finalmente, la lámina 26 trata de épocas y técnicas de cortas, aprovechamiento de partes de los árboles, almacenamiento y evaluación de la calidad de la madera. Las técnicas de corte tenían especial importancia para la Marina y solían ser además una fuente de problemas con los asentistas, por lo que a lo largo de la segunda mitad del siglo fueron objeto de diversos reglamentos, aunque hasta 1784 no apareció una reglamentación general, debida al ingeniero general de la Marina José Romero Fernández de Landa[71].

---

[71] Joseph ROMERO FERNÁNDEZ DE LANDA: *Reglamento de maderas necesarias para la fábrica de los baxeles del rey y demás atenciones de sus arsenales y departamentos*, Joaquín Ibarra, Madrid, 1784. Sobre la obra de Fernández de Landa puede verse, José M.ª de JUAN-GARCÍA AGUADO: *José*

***10.5. Parte de la lámina 22 del* Álbum del Marqués de la Victoria** *(Museo Naval de Madrid) con el mapa topográfico de parte de la cuenca del Ebro, en la que están indicados los montes de interés para la Marina de acuerdo con el reconocimiento efectuado en abril de 1739.*

Pero mayor valor para la difusión de la silvicultura tienen las obras de diversos marinos vinculados a las tareas de administración de los montes de la jurisdicción de Marina (visitadores, comisarios, inspectores, ministros, etc.). Aunque los publicados no parece que fueran muchos, Luis Urteaga[72] se refiere a un cierto número de ellos, a los que también vamos por nuestra parte a prestar alguna atención.

En primer lugar, cabe mencionar el informe de Martín Fernández Navarrete (1765-1844) titulado *Reflexiones sobre los montes de Segura de la Sierra, y sobre las ventajas que resultarían al Estado de convertirlos en propiedades particulares*. Ilustre marino, Fernández Navarrete elaboró su informe por encargo del ministro de Marina José de Mazarredo, y en él defiende la privatización de los montes como mejor solución ante su grave deterioro, que achaca a las injerencias de los ministerios de Interior, Hacienda y Marina, todos actuantes en los montes de Segura de la Sierra. Según Emilio de la Cruz Aguilar, hay muchas coincidencias entre los planteamientos de Fernández Navarrete, que son de enero de 1811, y lo que se dijo en octubre del mismo año en las Cortes de Cádiz[73], en un debate que condujo al decreto de 14 de enero de 1812 por el que se derogaban las ordenanzas de 1748.

Romero Fernández de Landa. Un ingeniero de Marina en el siglo XVIII, Universidade da Coruña, A Coruña, 1998.

72 L. URTEAGA, 1987, pp. 155-157.

73 E. de la CRUZ AGUILAR, 1994, p. 240.

***10.6. Lámina 25 del* Álbum del Marqués de la Victoria** *(Museo Naval de Madrid) con el «Plano geográfico e hidrográfico, y mapa general de todos los pueblos, montes, arboledas, latitud, y longitud, gobernadores, y justicias de sus vecindarios, matriculados, y embarcaciones que comprende toda la provincia de la ciudad de Sanlúcar de Barrameda». En el área cartografiada, casi totalmente carente de bosques, puede observarse buena parte del Coto de Doñana, representado con arbolado disperso.*

Otro importante marino, Joaquín de la Croix Vidal (1760-1836), que ocupó el cargo de fiscal del Almirantazgo, es autor de una memoria premiada por la Sociedad Económica de Amigos del País de Valencia, de expresivo título: *Memoria que contiene la indicación de los montes del Reyno de Valencia: clase, calidad, uso y abundancia o escasez de sus maderas; ríos y carreteras que facilitan su extracción; causas de la decadencia de los bosques de este reino, medios de evitarla y de asegurar su permanencia*. En esta obra, en la que se ha querido ver un avance de las ideas de lo que fue la administración forestal establecida a mediados del siglo XIX[74], Croix consigna las principales causas del declive de los montes en el crecimiento de la población, el aumento de las roturaciones y las excesivas talas, diagnóstico muy parecido a los de Cavanilles y Ponz, que posiblemente le influyeron.

También cree que se debe a «las mismas leyes promulgadas para favorecer el aumento y cría de arbolados»[75], una crítica que, como hemos visto, era general en aquel momento y que llevan a este marino a plantear diversas reformas, entre ellas la creación de juntas de montes y agricultura locales encargadas de su conservación y fomento y, sobre todo, de la figura del inspector de montes a nivel provincial, responsable de las tareas de repoblación y otros trabajos relacionados con la gestión. Es claramente una imagen moderna de lo que luego será la administración forestal en el siglo XIX.

Finalmente, vamos a comentar la obra de otro marino y visitador de montes, Juan Bautista Galobardas, titulada *Compendio, sobre el modo de sembrar, plantar, criar, podar y cortar toda especie de árboles, con su descripción y propiedades, para la conservación y aumento de los montes y arbolados y utilidad de los empleados en este ramo, y de los labradores y hacendados*. Publicada en 1817, constituye un manual básicamente práctico dividido en seis partes, que tratan sobre la anatomía y fisiología de los árboles y su cultivo; los árboles de crecimiento lento; los de crecimiento rápido; los frutales; los arbustos, y finalmente sobre algunos árboles exóticos.

Las referencias intelectuales de Galobardas incluyen a «Plucher, Rozier, Diacorides, Lineo, Semanarios y otros»[76]. Curiosamente no menciona a Duhamel, aunque algunas partes de la obra, a pesar de su nivel divulgativo, lo recuerdan. Se trata de la obra de un técnico, pero que ya se estaba abriendo hacia otras perspectivas: por ejemplo, a la importancia ambiental del bosque, que ya no se considera como un mero

74 Eric BAUER, en *Los montes de España en la historia* (Ministerio de Agricultura, Madrid, 1980), así lo considera en el amplio resumen que ofrece de la obra De la Croix (pp. 222-228).

75 Citado por BAUER, 1980, p. 223.

76 Juan Bautista GALOBARDAS: *Compendio, sobre el modo de sembrar, plantar, criar, podar y cortar toda especie de árboles, con su descripción y propiedades, para la conservación y aumento de los montes y arbolados; y utilidad de los empleados en este ramo, y de los labradores y hacendados*, Oficina del Brusi, Barcelona, 1817, p. IV.

centro de aprovisionamiento de maderas. Este aspecto, puesto de relieve por Luis Urteaga[77], tiene importancia:

> «Se afirmarán con fuerza creciente las posiciones conservacionistas, hilvanando un discurso en el que a la postre figurará la idea clave de que el mantenimiento de los bosques es la mejor forma de garantizar el equilibrio de la naturaleza. Ésta es, en nuestra opinión, la mayor aportación de la ciencia forestal del setecientos, y el elemento que permite distinguir la *silvicultura* de la Ilustración de la simple *arboricultura*»[78].

III.2. El Jardín Botánico de Madrid y las cátedras de Agricultura

Los rudimentos de una ciencia de los montes tal como la entendía Duhamel du Monceau se irán desarrollando en España muy lentamente en torno a diversas personalidades vinculadas al Jardín Botánico de Madrid, y teniendo como referencia destacada las traducciones de Casimiro Gómez Ortega de una parte significativa de la obra del silvicultor francés. Algunas de las publicaciones científicas de la época, como los *Anales de Historia Natural* (1799-1804) impulsados por Cavanilles, o el *Semanario de Agricultura y Artes dirigido a los párrocos* (1797-1808), se ocuparon en alguna medida de temas relacionados con los bosques, como se refleja, por ejemplo, en la presentación de objetivos de la segunda publicación mencionada[79].

Pero la línea de trabajo que poco a poco conducirá al tratamiento de la cuestión desde un punto de vista científico se abrirá paso no tanto de la mano de botánicos puros como de aquellos miembros del Jardín Botánico preocupados por las aplicaciones prácticas de la agronomía y, muy concretamente, de los jardineros mayores. A ellos se deberá el establecimiento de las enseñanzas agrícolas mucho antes de que se convirtieran en objeto de escuelas especializadas. El primero de estos jardineros fue, en 1799, Claudio Boutelou, quien en 1807 fue nombrado profesor de Agricultura, el primero de que dispuso el Jardín Botánico madrileño. Dos años después, el gobierno de José Bonaparte lo nombró director del Jardín, ocupando el puesto que se había visto obligado a abandonar Lagasca.

Su obra más destacada son los *Elementos de Agricultura*, redactada en 1808, pero que no fue publicada hasta 1817[80]. De filiación política liberal, sus referencias serán Jovellanos y su *Informe sobre la ley agraria*; el padre Manuel Gil, miembro de la Sociedad Económica de Sevilla, por cuyo encargo había escrito en 1794 un *Plan de nueva ordenanza de montes*[81]; Bernardo Ward y su *Proyecto económico*; la *Agricultura general* de Gabriel Alonso de Herrera; las obras de Duhamel du Monceau y el

---

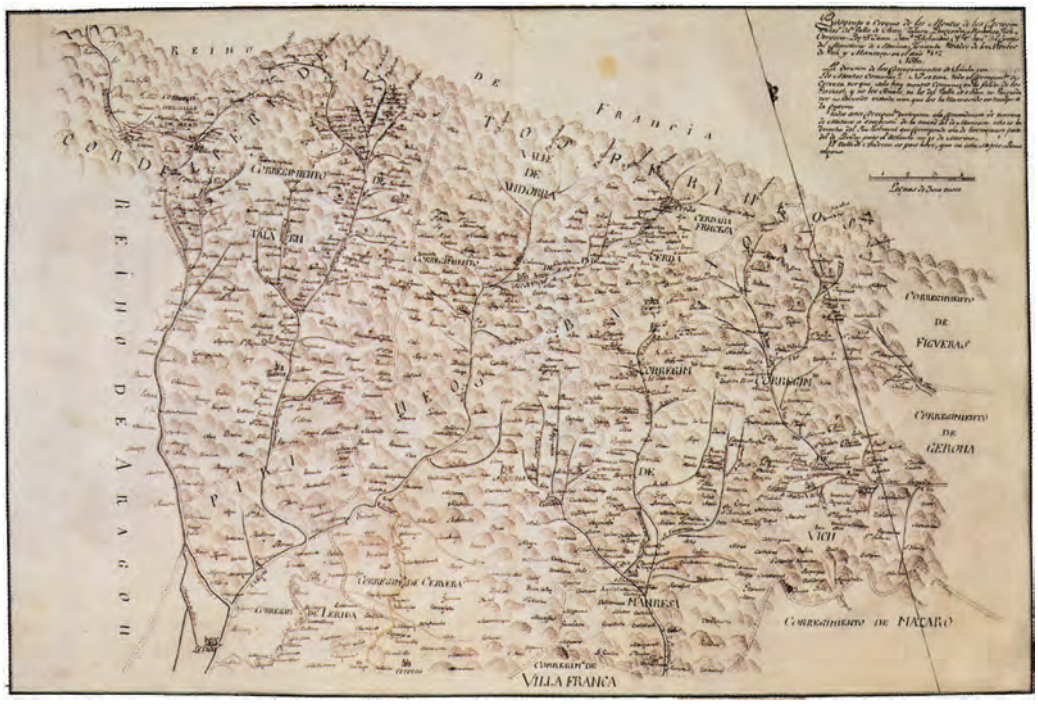
77 L. URTEAGA, 1987, p. 157.

78 L. URTEAGA, 1987, p. 157.

79 *Semanario de Agricultura y Artes dirigido a los párrocos*, n.º 1, 1797, p. 3.

80 Claudio BOUTELOU: *Elementos de Agricultura*, Oficina de don Francisco Martínez Dávila, Madrid, 1817, p. XVII.

81 Manuel GIL: *Plan de nueva Ordenanza de montes*, Sancha, Madrid, 1794.



10.7. Mapa de Juan Bautista Galobardas *que lleva por título «Bosquejo o croquis de los corregimientos del Valle de Arán, Talarn, Puigcerdá, Manresa, Vich y Cervera. Por D. Juan Bautista Galobardas Oficial honorario del Cuerpo del Ministerio de Marina, Teniente visitador de los Montes de Vich y Manresa en el año 1817» (Fuente:* Atles de les viles, ciutats i territoris de la provincia de Lleida*, Lleida, 2001).*

Diccionario Universal de Agricultura del abate Rozier, traducido por Juan Álvarez Guerra hacia 1800. Estas referencias sitúan a la obra de Boutelou en el terreno más avanzado de la época, tanto en el aspecto político como en el de la agronomía, asentada ya sobre bases científicas rigurosas; una confianza en la ciencia que le hacía ser claramente optimista sobre los resultados de su aplicación, como lo expresará al señalar su gran utilidad «para el importantísimo ramo de la repoblación de los bosques y montes del Reino», con la sabia conciliación «de la agricultura con la botánica» que dará un nuevo aspecto a España y que promete «abundancia y gloria, riqueza y población»[82].

Lo que caracteriza a Boutelou ya no es tanto la insistencia en el carácter fecundo de la propiedad privada como su planteamiento, netamente moderno, de la alianza

82 Claudio BOUTELOU: *Discurso sobre el origen y progresos de la agricultura, de sus ventajas y de la necesidad de su enseñanza*, Alicante, Nicolás Carratalá, 1816. Reproducido en L. ARGEMÍ, 1988, p. 452.

entre botánica y agricultura, entre conocimiento científico y prácticas agrícolas; en una palabra, del fundamental papel de la ciencia aplicada para el desarrollo económico, que conducirá más tarde al establecimiento de las diferentes ramas de la ingeniería, entre ellas la forestal.

Otro jardinero mayor fue Antonio Sandalio de Arias Costa, verdadero personaje de transición entre el conocimiento silvicultor propio del siglo XVIII y la moderna ciencia forestal del XIX. Se incorporó al Jardín Botánico en 1814, donde fue sucesivamente jardinero mayor, profesor de Agricultura y director de la institución. Unos años antes de su muerte en 1839 fue nombrado inspector general de montes, figura que se creaba por primera vez en España de acuerdo con las ordenanzas de montes de 1833.

En 1808, antes de su ingreso en el Jardín Botánico, cuando Arias era jardinero mayor del Real Convento de Señoras de la Encarnación, publicó su primera obra, titulada *Cartilla elemental de Agricultura acomodada a nuestro suelo y clima*, por la que obtuvo la distinción de socio de mérito literario de la Sociedad Económica Matritense. En el libro concede una notable importancia y extensión a la arboricultura, para lo que se basa en la *Explicación de la filosofía botánica* de Antonio Palau, antiguo catedrático del Jardín Botánico, las *Lecciones de botánica* de Cavanilles, las *Tablas botánicas* de Gómez Ortega y, sobre todo, en la *Física de los árboles* de Duhamel du Monceau, sin duda su influencia más importante.

En 1816 publicó *Lecciones de Agricultura esplicadas en la Cátedra del Real Jardín Botánico de Madrid en el año de 1815*, obra que le confirió un notable prestigio. En torno a su cátedra de Agricultura se formó un nutrido plantel de discípulos, entre los cuales se encuentra lo más destacado de la agronomía del siguiente período. Mencionemos solamente los casos de Pascual Asensio, primer director de la Escuela Central de Agricultura, y Agustín Pascual González, introductor de la ciencia forestal moderna de cuño germánico en España.

III.3. La Sociedad Económica Matritense y la difusión de la silvicultura

Como es sabido, en el proyecto de Campomanes de creación de las sociedades económicas de amigos del país desempeñaba un papel central la difusión del conocimiento agronómico. El conocimiento clásico en esta materia tenía su expresión máxima en España –y quizás en Europa– en la obra de Gabriel Alonso de Herrera, *Agricultura general*, publicada en 1513 y que había sido objeto de numerosas ediciones.

En marzo de 1811, la Sociedad Económica Matritense de Amigos del País puso en marcha los trabajos para una nueva edición, la 28.ª, que no pretendía ser meramente otra, sino una verdadera edición crítica que se adicionaría ampliamente con los más modernos conocimientos sobre la materia[83]. De esta labor se encargaron relevantes

[83] Simón de Rojas CLEMENTE Y RUBIO: «Prólogo de esta edición», en Gabriel Alonso de HERRERA: *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*, Imprenta Real, Madrid, 1818, p. XXI. El autor del prólogo es Simón de Rojas Clemente y Rubio.

miembros de la Sociedad Económica, en su mayor parte vinculados también al Jardín Botánico, entre ellos Antonio Sandalio de Arias, Claudio Boutelou, Simón de Rojas Clemente, Mariano Lagasca, Francisco Martínez Robles y Agustín Pascual, profesor de veterinaria en el Jardín y padre del referido Agustín Pascual González. La nómina de redactores se completaba con José Elizondo y Francisco de Paula Martí.

Las tareas de edición debieron de desempeñarlas Lagasca (que se responsabilizó del trabajo biográfico sobre Herrera y del estudio bibliográfico sobre las ediciones anteriores del libro) y Clemente, autor del prólogo, además, por supuesto, de contribuir también con numerosas adiciones en diversas partes de la obra. Arias se hizo cargo de las adiciones al libro tercero de la *Agricultura general*, que ocupa todo el tomo segundo de la nueva edición (466 páginas), dedicado íntegramente a la arboricultura, en lo que contó también con alguna colaboración de Lagasca y Clemente. En total, las adiciones al libro tercero tienen una extensión mayor que el texto original de Herrera sobre esta cuestión.

Vale la pena prestar atención a las fuentes e influencias que Arias reconoce explícitamente. Algunos de los autores citados, como Manuel Gil, Bernardo Ward, Duhamel du Monceau o Gómez Ortega coinciden con algunas de las ya reconocidas por él mismo con anterioridad o por Claudio Boutelou, a las que ya hemos aludido, pero los hay nuevos, como el marino Joaquín de la Croix, el viajero Antonio Ponz y el también viajero y naturalista Guillermo Bowles[84]. Todos ellos son personajes típicos del siglo XVIII, en cuyo marco intelectual y, en parte, cronológico se mueve Arias.

Desde el punto de vista del conocimiento científico del monte, su referencia es claramente Duhamel du Monceau, al que cita repetida y extensamente. Pero en Arias hay por lo menos dos cosas nuevas. En primer lugar, un tipo de discurso innovador, precursor del que desarrollarán los ingenieros de montes en la segunda mitad del siglo XIX; en segundo, la influencias en materia botánica de la nueva generación de botánicos, sobre todo Clemente y también Lagasca. Vamos a detenernos algo en ello.

Sobre lo primero, Arias argumenta la necesidad de conservar los montes en términos de responsabilidad generacional, algo que ya puede encontrarse en autores anteriores, por ejemplo en Toribio Pérez Bustamante o en Cavanilles, pero que ahora es mucho más explícito y que enlaza directamente con los ingenieros forestales de la segunda mitad del XIX. Dice Arias:

> «*Tiempo llegará en que los que nos sucedan se quejen de nosotros, y aun maldigan nuestra morosidad e indolencia, porque habiendo gozado de lo que nos dejaron otros, no supimos adoptar los medios convenientes para remplazar la pérdida causada por el consumo*»[85] (la cursiva es de Arias).

---

[84] Antonio Sandalio de ARIAS COSTA: «Adición» al capítulo XXIV «De los encinares», en Gabriel Alonso de HERRERA: *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*, Imprenta Real, Madrid, 1818, t. II, pp. 217-218.

[85] A. S. de ARIAS COSTA, 1818, t. II, p. 216.

En Arias la conservación de los montes ya no depende solamente de su apropiación fecunda por la propiedad privada, como indicaban Jovellanos y otros autores de orientación liberal, sino que en ello tiene gran responsabilidad el gobierno, el cual, si bien, por una parte, debe «abolir toda ordenanza o reglamento que no se dirija a proteger el interés individual», haciendo respetar los plantíos y fomentando la labor propagandística, por otra, «debe también al mismo tiempo no fiarlo todo del interés individual» e impulsar decididamente una política de repoblación y fomento de los bosques. Para Arias, las causas de que ello no se haya aún ejecutado residían sobre todo en la ignorancia, en la nociva reglamentación forestal y en los intereses ganaderos, situación con la que el gobierno puede acabar «estimulando a toda costa a los particulares para la plantación y repoblación de algunos de los muchos montes que se hallan hoy deteriorados o destruidos, sin olvidarse tampoco de establecer otros de nuevo, designando para ello los terrenos que más puedan convenir al intento»[86].

Las nuevas influencias en materia botánica se ponen de manifiesto por las colaboraciones con las que contó en las adiciones que estuvieron a su cargo: la de Mariano Lagasca y, sobre todo, la de Simón de Rojas Clemente y Rubio. La colaboración de Clemente fue especialmente importante y significativa, y atañe a cuestiones de nomenclatura botánica y a la descripción de especies forestales, como algunas encinas y sobre todo pinos, para lo cual Arias recurre a la reproducción literal de «apuntes inéditos que con toda generosidad me ha franqueado mi sabio compañero D. Simón de Rojas Clemente»[87]. Pero la influencia de Clemente sobrepasaba en mucho la mera nomenclatura y la descripción de determinadas especies, para convertirse en un verdadero modelo a seguir en la investigación botánica. Esto debió de ser así hasta el punto de que Arias se sintió en la obligación de efectuar un explícito reconocimiento de la labor científica de Clemente en una extensa nota a pie de página, en la ya referida "Adición" sobre los encinares a la obra de Herrera.

Empieza la nota con una digresión sobre Humboldt y Mutis y sus respectivas contribuciones, para señalar luego que mientras el naturalista alemán recorría las tierras de América, un joven valenciano nacido en Titaguas (es decir, Clemente) trabajaba silenciosamente día y noche en la elaboración de la «corografía del reino de Granada», tarea en gran parte análoga a la que realizaba Humboldt, aunque disponiendo de muchos menos medios y apoyos. Éste trabajaba a lo grande, dice Arias, mientras Clemente lo hacía en un territorio mucho más reducido pero «compensando superabundantemente con la multitud y exactitud de los pormenores la extensión de miras que el corto recinto de una sola provincia y la falta de medios no le permitían propo-

86 A. S. de ARIAS COSTA, 1818, t. II, pp. 218-219.

87 A. S. de ARIAS COSTA, 1818, t. II, p. 403. Los apuntes a los que se refería Arias creemos que formaban parte del proyecto de *Historia natural del reino de Granada*, en el que estuvo trabajando Clemente durante la primera década del siglo XIX, y que quedó inconclusa en forma de manuscrito.

nerse en sus trabajos». Arias ya mostraba en aquel momento su preocupación por el destino de los manuscritos que recogían la labor desarrollada por el botánico valenciano, de la «copia de luces que esta empresa grande, capital y única, debe derramar sobre las ciencias, y en especial sobre la del campo», de mayor importancia, en su opinión, que la desarrollada por Cavanilles; confía, dice, en que el gobierno la publicará por su gran valor para la ciencia y muy en concreto para los progresos de la agronomía[88]. Desde luego, los temores de Arias estaban justificados: los manuscritos de Clemente no han sido publicados hasta el año 2002, casi dos siglos después de haber realizado su autor las investigaciones geobotánicas para la *Historia natural del Reino de Granada*.

Arias prestó también una relevante atención a la difusión de la enseñanza agrícola, siendo autor de un Plan de Escuelas de Agricultura presentado a la Sociedad Económica Matritense en septiembre de 1809, en el que abogaba por la creación de cátedras de Agricultura en las sociedades económicas de las diferentes provincias. La propuesta inició un debate sobre la necesidad de impulsar esta formación, en torno a lo que se elaboraron diversas propuestas. En 1814, Arias, junto con Francisco López de Olavarrieta, presentó un nuevo proyecto, finalmente aprobado por real orden en 1815, por el que se creaban seis cátedras de Agricultura en Castilla la Nueva, Castilla la Vieja, Andalucía, Extremadura, Galicia y León, que comenzaron a funcionar hacia 1820[89].

Ya cerca del final de su vida, Arias contribuyó al primer intento de establecimiento de la enseñanza en la otra rama en que se había dividido el conocimiento agrícola, es decir, la enseñanza forestal. En 1835, por un real decreto se mandaba crear una escuela de ingenieros de bosques cuyo proyecto de reglamento redactó Arias, y que es un precedente directo de la Escuela de ingeniería forestal que inició su actividad en 1848 en Villaviciosa de Odón.

III.4. De la arboricultura a la silvicultura

El nacimiento de la silvicultura durante el siglo XVIII como una rama autónoma del conocimiento se pone de manifiesto en su definición de un objeto de estudio e intervención preciso. A ello se refiere en primer lugar Arias en sus adiciones a Herrera cuando establece la distinción entre «árboles de monte o silvestres y los frutales o cultivados», que no se había tenido claramente en cuenta hasta entonces; diferencia que se encuentra en la base de la constitución de la nueva silvicultura, especializada precisamente en el estudio de los «árboles de monte».

---

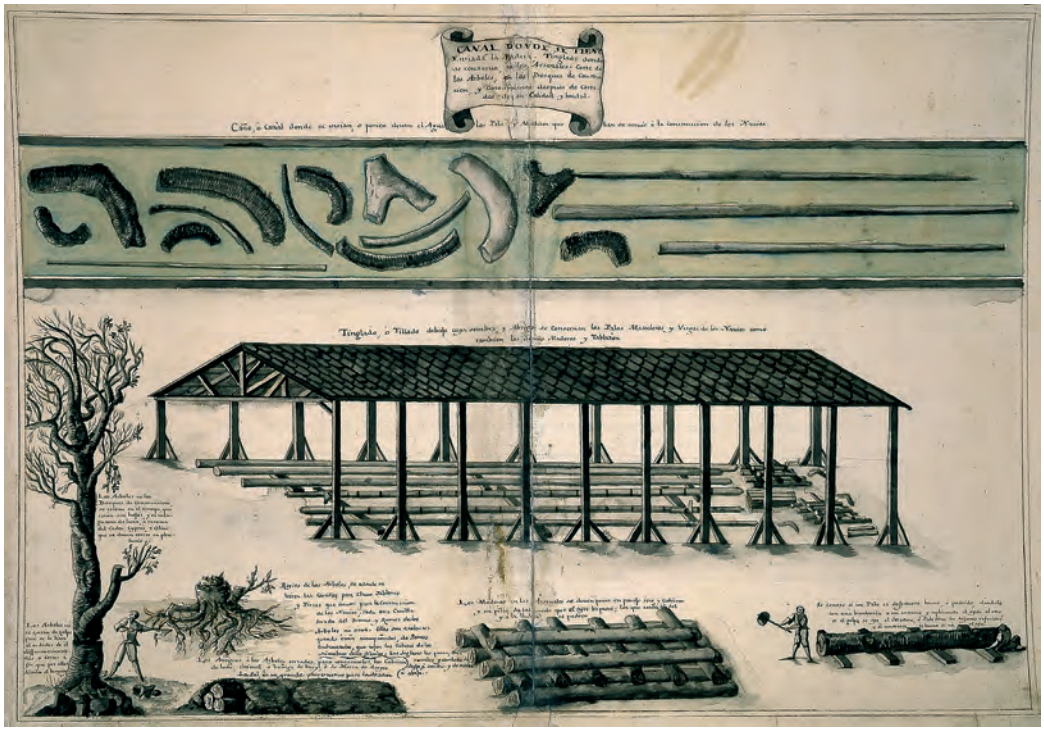
88 A. S. de ARIAS COSTA, 1818, t. II, p. 221-222.

89 Sobre el papel desempeñado por Antonio Sandalio de Arias en la difusión de la enseñanza de Agricultura véase, Rolando E. MISAS JIMÉNEZ: «Un promotor de la enseñanza agrícola desde la Real Sociedad Económica Matritense: Antonio Sandalio de Arias (1809-1820)», *Asclepio*, XLVIII, 1, 1996, p. 101-121.

Mientras la arboricultura es el resultado de la tradición, del conocimiento basado en la práctica del agricultor, la silvicultura lo es de la aplicación de la ciencia, sobre todo de la botánica. La silvicultura precisa de la experimentación bajo criterios científicos, tarea a la que se aplicaron, dentro del ámbito francés, personalidades como Reamur, Buffon y sobre todo Duhamel de Monceau, verdadero precursor de la experimentación forestal.

De estas investigaciones, que tenían que ver con la densidad de las maderas, su dureza, épocas más adecuadas para la corta, etc., se desprendieron muchos resultados prácticos. Entre otros, sobre la gestión del monte cabe mencionar la introducción de las cortas de aclareo en el tratamiento de los bosques de frondosas y la prolongación del turno en el aprovechamiento del monte tallar, que Duhamel propuso alargar hasta los 30 años.

La búsqueda de regularidades en el desarrollo o comportamiento de las masas boscosas caracteriza también a la nueva silvicultura, lo que dio lugar a tempranas preocupaciones por el tema del turno forestal óptimo. Por otra parte, se busca en el bos-



***10.8. Lámina número 26 del* Álbum del Marqués de la Victoria** *(Museo Naval de Madrid), en la que se representa, según reza el título, el «Canal donde se tiene enviada la madera. Tinglado donde se conserva, en los arsenales; corte de los árboles, en los bosques de construcción, y conocimiento después de cortados de su calidad y bondad».*

que la presencia de pautas espaciales de distribución del uso del suelo –tema abordado por Antonio Sandalio de Arias, por ejemplo–, en la línea de la que será después la famosa formulación de von Thünen y su *Der isolierte Staat* (1826), una parte muy importante de la cual está dedicada al estudio de los bosques, lo que muestra que el espíritu científico había alcanzado también a los montes.

BIBLIOGRAFÍA

ANTÓN RAMÍREZ, Braulio: *Diccionario de bibliografía agronómica y de toda clase de escritos relacionados con la agricultura*, M. Rivadeneyra, Madrid, 1865.

ARANDA Y ANTÓN, Gaspar de: *El camino del hacha. La selvicultura, industria y sociedad. Visión histórica*, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, 1999.

—*Los bosques flotantes. Historia de un roble del siglo XVIII*, Ministerio de Agricultura, Madrid, 1990.

ARGEMÍ, Lluís (comp.): *Agricultura e Ilustración. Antología del pensamiento agrario ilustrado*, Ministerio de Agricultura, Madrid, 1988.

ARIAS COSTA, Antonio Sandalio de: *Lecciones de Agricultura esplicadas en la Cátedra del Real Jardín Botánico de Madrid en el año 1815*, Impr. Fuentenebro, Madrid, 1816, 2 vols.

BARBA Y ROCA, Manuel: *Observaciones generales sobre el estado actual de la agricultura en Cataluña*, Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona, Barcelona, 1787. Reproducido en Luis ARGEMÍ: *Agricultura e Ilustración*, Ministerio de Agricultura, Madrid, 1988, pp. 441-449.

BAUDRILLART, M.: *Traité général des Eaux et Forêts, Chasse et Pêches*, Huzard, París, 1821.

BAUER, Eric: *Los montes de España en la Historia*, Ministerio de Agricultura, Madrid, 1980.

—«Memoria histórica de la legislación de los montes en España hasta finales del siglo XIX», *Ecología*, fuera de serie n.º 1, 1990, pp. 95-111.

BOUTELOU, Claudio: *Elementos de Agricultura*, Oficina de don Francisco Martínez Dávila, Madrid, 1817.

—*Discurso sobre el origen y progresos de la agricultura, de sus ventajas y de la necesidad de su enseñanza*, Nicolás Carratalá, Alicante, 1816. Reproducido en Lluís ARGEMÍ: *Agricultura e Ilustración*, Ministerio de Agricultura, Madrid, 1988, pp. 525-543.

CAPEL, Horacio: *Geografía y matemáticas en la España del siglo XVIII*, Oikos-Tau, Barcelona, 1982.

—y CASALS COSTA, Vicente: «Los ingenieros o el matrimonio de la ciencia con las artes útiles», en José Luis PESET (dir.): *Historia de la ciencia y de la técnica en la Corona de Castilla. Siglo XVIII*, Junta de Castilla y León, Salamanca, 2002, vol. IV, pp. 567-602.

CARANDE, Ramón: «El despotismo ilustrado de los "amigos del país"», en *Siete Estudios de historia de España*, Ariel, Barcelona, 1976, pp. 143-181.

CASALS COSTA, Vicente: «Del cultivo de los árboles a las leyes de la espesura», en Manuel LUCENA GIRALDO (ed.): *El bosque ilustrado. Estudios sobre la política forestal española en América*, ICONA/Instituto de la Ingeniería de España, Madrid, 1991, pp. 63-89.

—y CAPEL, Horacio: «La ingeniería y la ciencia a la conquista del territorio», en Antonio BONET (coord.): *Un reinado bajo el signo de la paz. Fernando VI y Bárbara de Braganza, 1746-1759*, Real Academia de Bellas Artes de San Fernando/Ministerio de Educación y Cultura, Madrid, 2002, pp. 309-340.

CAVANILLES, Antonio Josef: *Observaciones sobre la historia natural, geografía, agricultura, población y frutos del reino de Valencia*, Imprenta Real, Madrid, 1795, 2 vol.

CLEMENTE RUBIO, Simón de Rojas: *Viaje a Andalucía. Historia Natural del reino de Granada (1804-1809)*, Griselda Bonet Girabet editor, Almería, 2002. Introducción de Horacio Capel; edición, transcripción, estudio e índices de Antonio Gil Albarracín.

COLBERT, Jean Baptiste: *Proyecto de Mr. Colbert al rey Luis XIV de Francia sobre el comercio. Traducido del francés. Publicado por D. Alexandro de Silva y Ayanz, Comisario de Guerra de los Reales Exércitos*, Imprenta Real, Madrid, 1801.

CROIX Y VIDAL, Joaquín de la: *Memoria que contiene la indicación de los montes del Reyno de Valencia; clase, calidad, uso y abundancia o escasez de sus maderas: ríos y carreteras que facilitan su extracción: causas de la decadencia de los bosques de este reino, medio para evitar y asegurar su permanencia*, Benito Montfort, Valencia, 1801.

CRUZ AGUILAR, Emilio de la: *La destrucción de los montes. Claves histórico-jurídicas*, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 1994.

—*Ordenanzas del común de la villa de Segura y su tierra, de 1580*, Instituto de Estudios Giennenses, Diputación Provincial, CSIC, Jaén, 1980.

DEDIEU, Jean-Pierre: «La Nueva Planta en su contexto. Las reformas del aparato del Estado en el reinado de Felipe V», *Manuscrits*, 18, 2000, pp. 113-139. <www.bib.uab.es/pub/manuscrits/0213297n18p113.pdf>.

FEIJOO, Benito Jerónimo: *Cartas eruditas y curiosas en que, por la mayor parte, se continúa el designio del Teatro Crítico Universal, impugnando, o reduciendo a dudosas, varias opiniones comunes escritas por el muy ilustre señor D. Fr. Benito Jerónimo Feijoo y Montenegro, Maestro General del Orden de San Benito, del Consejo de S. M. &c.*, Madrid, 1742-1760, 5 vols. Reedición por la Imprenta de la Real Gaceta, Madrid, 1777.

FERNÁNDEZ DURÁN, Reyes: «Gerónimo de Uztáriz. Las fuentes de su pensamiento económico», *Información Comercial Española*, 512 (dedicado a «Historia del pensamiento económico en España. Siglo XVIII»), 1976, pp. 75-100.

FONT, Jaume y LLOBET, Salvador: «El valor geogràfic dels viatges de Francisco de Zamora per Catalunya», *Revista de Geografia*, XXIII, 1989, pp. 49-59.

GALOBARDAS, Juan Bautista: *Compendio, sobre el modo de sembrar, plantar, criar, podar y cortar toda especie de árboles, con su descripción y propiedades, para la conservación y aumento de los montes y arbolados; y utilidad de los empleados en este ramo, y de los labradores y hacendados*, Oficina del Brusi, Barcelona, 1817.

GARCÍA GUZMÁN, María del Mar: «Unas Ordenanzas de la Sierra de Cazorla (1552)», *Miscelánea Medieval Murciana*, vol. XXIII-XXIV, Universidad de Murcia, Murcia, 1999-2000, pp. 31-49.

GIMÉNEZ I BLASCO, Joan: «La qüestió forestal a Catalunya. Les Ordinacions de 1627», en *Primer Congrés d'Història Moderna de Catalunya*, Universitat de Barcelona, Barcelona, 1984, pp. 245-253.

GÓMEZ URDÁÑEZ, José Luis: *El proyecto reformista de Ensenada*, Milenio, Lleida, 1996.

GORT JUANPERE, Ezequiel: «Les ordinacions de Cornudella de Montsant al segle XVIII», *Carrutxa. Biblioteca Digital*. <www.carrutxa.org/biblioteca/ftp/Conudella.pdf>.

GRAU I PUJOL, Josep M.: «Unes ordinacions de Tarrés (1743)», *Carrutxa. Biblioteca Digital*. <www.carrutxa.org/biblioteca/ftp/tarres.pdf>.

HAMILTON, Earl J.: *Guerra y precios en España, 1651-1800*, Alianza, Madrid, 1988.

HERRERA, Gabriel Alonso de: *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*, Imprenta Real, Madrid, 1818, 4 tomos.

JOVELLANOS, Gaspar Melchor de: «Discurso dirigido a la Real Sociedad de Amigos del País de Asturias, sobre los medios de promover la felicidad de aquel Principado», BAE, vol. L, M. Rivadeneyra, Madrid, 1859.

—«Informe de la Sociedad Económica de Madrid al Real y Supremo Consejo de Castilla en el expediente de Ley Agraria, extendido por el autor en nombre de la Junta encargada de su formación», BAE, vol. L, M. Rivadeneyra, Madrid, 1859.

JUAN-GARCÍA AGUADO, José M.ª de: *José Romero Fernández de Landa. Un ingeniero de Marina en el siglo XVIII*, Universidade da Coruña, A Coruña, 1998.

JUNTA DE COMERÇ DE BARCELONA: *Discurso sobre la Agricultura, Comercio e Industria del Principado de Cataluña (1780)*, Alta Fulla, Barcelona, 1997.

LAFUENTE, Antonio y PESET, José Luis: «Las actividades e instituciones científicas en la España ilustrada», en Manuel SELLÉS, José Luis PESET y Antonio LAFUENTE (comps.): *Carlos III y la ciencia de la Ilustración*, Alianza Editorial, Madrid, 1988, pp. 29-79.

LLOMBART, Vicente: «Traducciones españolas de economía política (1700-1812): catálogo bibliográfico y nueva perspectiva», *Cromohs*, 9, 2004, <http://www.cromohs.unifi.it/9_2004/llombart.html>.

LUCENA GIRALDO, Manuel (ed.): *El bosque ilustrado. Estudios sobre la política forestal española en América*, ICONA/Instituto de la Ingeniería de España, Madrid, 1991.

MISAS JIMÉNEZ, Rolando E.: «Un promotor de la enseñanza agrícola desde la Real Sociedad Económica Matritense: Antonio Sandalio de Arias (1809-1820)», *Asclepio*, XLVIII, 1, 1996, pp. 101-121.

MOLAS, P.: «La Junta de Comercio», en Manuel SELLÉS, José Luis PESET y Antonio LAFUENTE (comps.): *Carlos III y la ciencia de la Ilustración*, Alianza Universidad, Madrid, 1988, pp. 205-216.

NAVARRO DE VIANA Y BÚFALO, Juan José: *Álbum del Marqués de la Victoria*, Lunwerg, Barcelona, 1995.

Ordenanza que Su Majestad (Dios le guarde) manda observar para la cría, conservación, plantíos, y cortas de los montes, con especialidad los que están inmediatos al mar, y ríos navegables: méthodo, y reglas, que en esta materia deben seguir los Intendentes de Marina, establecidos en los tres departamentos de Cádiz, Ferrol, y Cartagena. Expedida en 31 de enero de 1748, Imprenta de Juan de San Martín, Impresor de las Secretarías del Despacho de Marina, Indias y Hacienda, Madrid, 1748.

Ordenanzas del Concejo de Carmona, Diputación provincial de Sevilla, Sevilla, 1972.

Ordenanzas y privilegios de la muy noble, y leal Ciudad de Lorca (1713), Academia Alfonso X el Sabio, Murcia, 1983.

PESET, José Luis: «El Jardín Botánico de Madrid y sus relaciones con Francia», *Asclepio*, XLVIII, 1, 1996, pp. 59-70.

—y LAFUENTE, Antonio: «El conocimiento y el dominio de la naturaleza: la ciencia y la técnica», *Historia de España Ramón Menéndez Pidal. vol. XXXI.1 La época de la Ilustración. El Estado y la cultura (1759-1808)*, Espasa-Calpe, Madrid, 1987, pp. 349-394.

PONZ, Antonio: *Viage de España, en que se da noticia de las cosas más apreciables, y dignas de saberse, que hay en ella*, Viuda de Ibarra, Madrid, 1772-1794, 18 tomos. Facsímil por Ediciones Atlas, Madrid, 1972.

PUERTO SARMIENTO, Francisco Javier: *La ilusión quebrada. Botánica, sanidad y política científica en la España Ilustrada*, Serbal/CSIC, Barcelona, 1988.

«Real Instrucción sobre aumento de Plantíos y conservación de Montes, de siete de diciembre de 1748», en *Novísima Recopilación de las Leyes de España*, Madrid, 1805-1807, vol. III, pp. 516-523.

Real Ordenanza para el gobierno de los montes y arbolados de la jurisdicción de Marina, Imprenta Real, Madrid, 1803.

RODRÍGUEZ CAMPOMANES, Pedro: «Idea segura para extender i adoptar en España los conocimientos verdaderos de la agricultura», *Información Comercial Española*, 512 (dedicado a «Historia del pensamiento económico en España. Siglo XVIII»), 1976, pp. 68-74.

RUIZ AMADO, Hilarión: *Estudios forestales. Los montes en sus relaciones con las necesidades de los pueblos*, Imprenta de Puigrubí y Aris, Tarragona, 1870-1872, 2 vols.

SALGUEIRO, Francisco Javier y TALAVERA, Salvador: «Herbarios históricos de la Universidad de Sevilla: contenido, interés y estado de conservación», *Boletín de la Asociación de Herbarios Ibero-macaronésicos*, 3, 1998, pp. 5-8.

SAN PEDRO, Miguel de los Santos de: «Ordinacions forestals de Catalunya (1627)», *Tecnologia Forestal* (n.º especial), Barcelona, Generalitat de Catalunya, diciembre de 1996.

SELLÉS, Manuel; PESET, José Luis, y LAFUENTE, Antonio (comps.): *Carlos III y la ciencia de la Ilustración*, Alianza Editorial, Madrid, 1988.

SISTERNES Y FELIU, Manuel: *Idea de la Ley Agraria*, en Lluís ARGEMÍ (comp.): *Agricultura e Ilustración. Antología del pensamiento agrario ilustrado*, Ministerio de Agricultura, Madrid, 1988, pp. 223-232.

URTEAGA, Luis: «La política forestal del reformismo borbónico», en Manuel LUCENA GIRALDO (ed.): *El bosque ilustrado. Estudios sobre la política forestal española en América*, ICONA/Instituto de la Ingeniería de España, Madrid, 1991, pp. 17-43.

—*La tierra esquilmada. Las ideas sobre la conservación de la naturaleza en la cultura española del siglo XVIII*, Serbal/CSIC, Barcelona, 1987.

VARENNE DE FENILLE, Philibert Charles: «Mémoire Sur l'Aménagement des Bois, & particulièrement des Forêts nationales», *Observations sur l'aménagement des forêts et particulièrement des forêts nationales*, Imprimerie de la Feueille du Cultivateur, París, 1791, pp. 8-88.

VILAR, Pierre: *Cataluña en la España Moderna*, Crítica, Barcelona, 1987, 3 vols.

VV. AA.: *Les eaux et forêts du 12e au 20e siècle*, Éditions du Centre National de la Recherche Scientifique, París, 1987.

WARD, Bernardo: *Proyecto Económico. En el que se proponen varias providencias, dirigidas a promover los intereses de España, con los medios y fondos necesarios para su planificación; escrito en el año de 1762*, Viuda de Ibarra e Hijos y Compañía, Madrid, 1787.

ZAMORA, Francisco de: *Diario de los viajes hechos en Cataluña*, Curial, Barcelona, 1973.

Apuntes biográficos

Este mini-diccionario proporciona una aproximación a las biografías de un conjunto de personajes de la técnica y la ciencia mencionados a lo largo de los volúmenes II y III de esta colección, con obra intelectual o material relevante en los territorios de la Corona española. El lapso temporal adoptado supera la delimitación cronológica de lo que es el siglo XVIII. Aún de forma imprecisa y con alguna excepción, se sitúan los comienzos hacia 1687, cuando tras el nadir seiscentista se llega a identificar un cierto resurgir, aunque muy minoritario, en diversas dimensiones. Dado que sobre las disciplinas físico-matemáticas y la fortificación se trazan perspectivas más amplias, que abarcan el siglo XVII en su conjunto, hay unos pocos personajes que son genuinamente del Seiscientos (incluso dos excepciones nacen muy a finales del XVI). El periodo contemplado se extiende hasta la guerra de la Independencia, por lo que un número significado de estos personajes, del orden del diez por ciento, verá las tres primeras décadas del agitado Ochocientos hispano. No ha de considerarse esta selección como un conjunto cerrado de "los más sobresalientes", aunque todos lo sean en mayor o menor medida. La decisión de incorporar apuntes biográficos de personajes relevantes que viven en los comienzos o finales del periodo fijado es muy delicada, entre otros aspectos, por cuanto las vidas forman un continuo temporal que poco o nada tiene que ver con las convenciones que impone el calendario. De este modo, habida cuenta de que, por ejemplo, Mariano Lagasca Segura (Encinacorba, 1776-Barcelona, 1839) presenta lo más granado de su producción pasada la guerra de la Independencia, no ha sido incluido en la relación, dejando su ficha para uno de los próximos volúmenes dedicados al siglo XIX. Sin embargo, con cronologías similares, Antonio Sandalio de Arias Costa (Madrid, 1764-1839), Felipe Bauzá y Cañas (Palma de Mallorca, 1764-Londres, 1834) o Francesc Carbonell i Bravo (Barcelona, 1768-1837), sí son presentados en el repertorio que sigue. Ya que se le menciona, quizás convenga apuntar que Lagasca fue un botánico "linneano" riguroso, observador de que las plantas cultivadas son, normalmente, hibridación de especies y variedades diferentes; dedicó esfuerzos a la selección de especies con vista a la mejora de cultivos. En este sentido, en la línea marcada por Echeandía y Asso, por ejemplo, Lagasca desborda la

visión del botánico puramente taxonomista para implicarse también en temas agronómicos de interés práctico. Homenaje permanente de botánicos de varios países, una veintena de especies lleva su nombre.

Otra decisión que tiene bastante de discrecional ha sido la acotación del número de entradas incluidas. Si en el volumen sobre el Renacimiento se presenta un centenar (102, para ser precisos), aquí fijamos inicialmente unas 160, lo que aproximadamente corresponde a la relación de las poblaciones hispanas a finales de ambos periodos (6,5 millones hacia 1600, frente a unos 11,5 hacia 1800). Con este dato *in mente*, las citas efectuadas a personajes en el texto y la factibilidad de aportar un esquema vital mínimo (en algunos casos las noticias biográficas disponibles son tan escasas que no se ha juzgado oportuno elaborar una entrada) han llevado a la relación presentada, donde, naturalmente, se podrán echar de menos muy diversos sujetos interesantes. En total se presentan 179 apuntes biográficos, siendo así que algunos personajes aparecen aquí por primera vez en un repertorio de esta índole, aun no siendo muchos los datos disponibles; en otros casos, la dificultad ha sido sintetizar –en parte, léase sacrificar– los abundantes conocimientos de que se dispone. En diversas ocasiones se aportan datos novedosos. Lo reducido de la muestra, así como los sesgos inherentes al proceso de selección, no posibilitan un análisis cuantitativo riguroso, pero sí se ofrece un panorama relativamente amplio, que esperamos satisfaga la curiosidad primera del lector interesado. En efecto, en el repertorio priman los personajes que trabajaron en las instituciones y sectores básicos presentados a lo largo de estos dos volúmenes, así como en el entorno de la Administración, ya que son más fáciles de seguir curricularmente.

Apuntar distribuciones por perfiles profesionales es también delicado. Entre otras cosas, porque los criterios clasificatorios actuales no son directamente aplicables a una época en la que un individuo podía tener actividades, aunque no constantes, en campos muy variados, algunos en fase de emergencia aún. Así, reconocemos que a veces puede ser impropio hablar de botánico, físico, geólogo o químico. Sin embargo, artillero, arquitecto, ingeniero (militar, de la Marina, cosmógrafo o de caminos y canales) o geómetra subterráneo (ingeniero de minas) son profesiones reguladas en la época en España. Por otro lado, podrán existir diferencias muy significativas entre la formación o empleo inicial y el desarrollo de las trayectorias profesionales (el caso de Félix de Azara es paradigmático). Con todas esas limitaciones puede decirse que, aproximadamente, un cuarto de los personajes presentados son ingenieros militares (incluyendo a varios predecesores seiscentistas). Del orden de un sexto son arquitectos *vitrubianos,* que con frecuencia tienen actividades en obras públicas como caminos, puentes o presas. Los marinos vienen a representar un décimo del total, como los que son adjetivados matemáticos, químicos o metalurgistas. Agrónomos, cartógrafos, mineralogistas o ingenieros de Marina aparecen en el orden de un quinceavo del total. Por otro lado, conviene señalar que en los diversos descriptores que se asocian a un mismo personaje se pueden encontrar grandes correlaciones. Por

ejemplo, entre metalurgista y mineralogista o químico, entre astrónomo y matemático o cartógrafo, etc. La relativamente reducida presencia de maquinistas, relojeros, constructores de instrumentos, etc., es en parte fruto de la inexistencia de una sólida base industrial con creatividad en esos perfiles, pero también de la necesidad de un mayor número de estudios que aborden esos segmentos de actores tan trascendentales de la técnica, necesariamente más difíciles de seguir por cuanto menos integrados en la Administración y, por consiguiente, poco o nada presentes en sus archivos. En la cohorte de profesiones o perfiles no estrictamente técnicos (en el sentido que aquí se emplea) aparecen eclesiásticos, economistas, empresarios, eruditos, escultores, farmacéuticos, juristas, literatos, médicos, pintores o políticos, entre otros muchos.

De los 179 aquí reseñados, unos 80 personajes se pueden consultar en la importante compilación coordinada por J. M.ª López Piñero y colaboradores, *Diccionario histórico de la ciencia moderna en España* (2 vols., Península, Barcelona, 1983), donde se presentan 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 (1936-1939). Los que aquí se recogen y no están en el mencionado *Diccionario* corresponden en general a ingenieros militares, artilleros, arquitectos, delineadores o geómetras subterráneos, relojeros y maquinistas.

Para las biografías de ingenieros militares han sido de gran ayuda repertorios como el coordinado por Horacio Capel, *Los ingenieros militares en España, siglo XVIII. Repertorio biográfico e inventario de su labor científica y espacial* (Universidad de Barcelona, 1983), completado con otros más monográficos como el de M.ª Gloria Cano Révora, *Cádiz y el Real Cuerpo de Ingenieros Militares, 1697-1847. Utilidad y firmeza* (Universidad de Cádiz, 1994), o el de Omar Moncada, *Ingenieros militares en Nueva España. Inventario de su labor científica y espacial. Siglos XVI al XVIII* (UNAM, México, 1993); y actualizaciones globales más recientes como la del mismo Capel, «Nuevos datos para el repertorio biográfico de los ingenieros militares», *Biblio 3W, Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales,* n.º 90 (1998), o la tesis de Martine Galland-Seguela, *Les ingénieurs militaires espagnols de 1710 à 1803. Étude prosopographique et sociale d'un corps d'élite* (París, 2003). Para arquitectos se dispone también de muy diversos repertorios, partiendo del histórico de E. Llaguno y Amírola y J. A. Ceán Bermúdez, *Noticias de los arquitectos y arquitectura de España desde su restauración* (Imprenta Real, Madrid, 1829; reed. Turner, 1977).

Sin embargo, hay corporaciones fundamentales como el Real Cuerpo de Ingenieros de Marina que aún esperan una monografía amplia y rigurosa, así como un repertorio biográfico e inventario de su labor técnica, donde además se refleje su relación con el Cuerpo General de la Marina, o con el de Artillería del Ejército, con el que comparte responsabilidades en el desarrollo de la siderurgia en el XVIII. Así, además de los conocidos como "grandes", habrían de evidenciarse trayectorias y realizaciones de Francisco Autrán, Tomás Muñoz y Manuel Romero de Landa, entrados en el Cuerpo en 1782; Tomás Briant y Joseph Muller (1784); José Mor de Fuentes (1783);

Josef Gianini (1785); Honorato Bouyón (1786); Juan de la Croix (1790); Félix Bouyón (1803); Josef Muller y Juan Retamosa (1805), etc.; nombres seleccionados casi al azar, simplemente por haber encontrado algún dato de interés, por ser sonoros en otros ámbitos o por evidenciar la posible existencia de sagas familiares en la construcción naval, pudiéndose intuir segundas y hasta terceras generaciones con respecto a constructores presentes en la época de Jorge Juan o antes (Autran, Briant, Bouyón, Muller, Romero Landa, Retamosa...). Del mismo modo, instituciones como el Real Cuerpo de Ingenieros Cosmógrafos de Estado requieren una detallada aproximación, que además explique su papel de "madre nutricia" de otras que acogieron a profesionales formados en su seno.

Como decíamos en el primer volumen de esta colección, el relativo al Renacimiento, esperamos con gran interés el *Gran Diccionario Biográfico Hispánico* promovido y coordinado por la Real Academia de la Historia, que recogerá del orden de 40.000 biografías. Un número significativo de ellas habrá de corresponder a figuras, españolas o extranjeras, relevantes para la historia de la técnica y la ciencia en nuestro país, en particular de ingenieros y profesiones conexas como arquitectos, artilleros, cartógrafos, científicos y maquinistas.

M. Silva

Autores de las notas biográficas:

Arturo Ansón Navaro [AAN]
Horacio Capel Sáez [HCS]
Jordi Cartañá i Pinén [JCP]
Vicent Casals Costa [VCC]
Fernando Cobos Guerra [FCG]
Irina Gouzevitch [IG]
Juan Helguera Quijada [JHQ]
Antonio M. Moral Roncal [AMR]
Víctor Navarro Brotóns [VNB]
Aurora Rabanal Yus [ARY]
Antoni Roca Rossell [ARR]
Julio Sánchez Gómez [JSG]
Manuel A. Sellés García [MSG]
Manuel Silva Suárez [MSS]
Julián Simón Calero [JSC]
Siro Villas Tinoco [SVT]

Abarca y Aznar, Silvestre (Medinaceli, Soria, 1707-1784). Ingeniero militar. Nombrado ingeniero delineante en 1740, llegó a ingeniero en segunda en 1752, fecha en que realizó una descripción de los manantiales conocidos como Ojos de Montiel y los nacimientos de los ríos Javalón y Azuel. En 1754 trabajó en un proyecto general de las minas de Almadén y construcción de la real cárcel de forzados. Al año siguiente, como ingeniero jefe del Canal de Castilla, realizó el proyecto del Canal Norte, con sus esclusas y acueductos. En 1758 diseña en Cádiz el pabellón de ingenieros, el edificio de la Aduana, Casa de Contratación y Consulado, así como el muelle de San Felipe y baluartes de la muralla. Consolidado como experto en fortificación, en 1763 fue enviado a Cuba para trabajar en la reconstrucción y refuerzo de las fortificaciones de la isla tras la invasión inglesa de La Habana. Dedicó especial atención al castillo del Morro, ciudad y puerto de La Habana, fuertes de San Carlos y Santo Domingo y el Príncipe, y al Cuartel de Milicias y la Casa de Correos, así como al puerto de la capital y al de Mariel. En 1774 fue nombrado director y comandante del Ramo de Fortificaciones del Reino. A finales de 1775 intervino como cuartel maestre general en la expedición contra Argel mandada por O'Reilly. En 1778 elaboró un plan para aumentar los efectivos del Cuerpo de Ingenieros a 300 (de los cuales, 43 adscritos al ramo de Fortificaciones, 9 al de Academias, 38 al de Arquitectura Civil y 143 en Indias). Entre 1779 y 1781 participó en el sitio de Gibraltar, alcanzando en 1783 el grado de teniente general. [HCS]

Alcalá Galiano, Dionisio (Cabra, Córdoba, 1760 – Trafalgar, 1805). Marino, astrónomo y cartógrafo. Siguió carrera en la Armada, alcanzando el grado de brigadier. Acompañó a Vicente Tofiño en la comisión hidrográfica durante 1784 y 1785. Ese año formó parte de la expedición enviada al estrecho de Magallanes para estudiar su utilidad como vía de entrada al Pacífico. Participó asimismo en la expedición Malaspina, durante la cual comandó la goleta *Sutil* en el reconocimiento del estrecho de Juan de Fuca. Regresó a España en 1794. Se le considera autor de un procedimiento para hallar la latitud mediante la observación de la distancia polar de un astro fuera del meridiano, aunque Mendoza y Ríos se atribuyó su invención. También fue autor de un método, publicado en 1796, para determinar la longitud en el mar mediante dos alturas del sol observadas fuera del meridiano, así como de otras investigaciones en astronomía náutica. Se le encomendó el levantamiento de un mapa de España, encargo que quedó en suspenso con la caída en desgracia de Malaspina. Levantó el mapa del Mediterráneo oriental. Falleció en el combate del cabo Trafalgar, donde estuvo al mando del *Bahama*. [MSG]

Alcubierre, Roque Joaquín de (Zaragoza, 1702 – Nápoles, 1780). Ingeniero militar. Estudió en su ciudad natal e ingresó como voluntario en el Cuerpo de Ingenieros Militares. Tras ejercer en Barcelona y Madrid, trabajó en la construcción de fortificaciones en Gerona. Se desplazó a Nápoles con el ejército del infante Carlos de Borbón, futuro Carlos III de España, que lo conquistó a los austríacos (1734). Hacia 1738 era ingeniero ordinario y trabajaba con Giovanni Antonio Medrano, ingeniero mayor del Reino, en las obras del Palacio Real de Portici. Descubridor de Herculano (1738), Pompeya (1748) y Estabia (1749), ciudades sepultadas por el Vesubio (año 79), fue tenaz director de las excavaciones, donde la humedad, el polvo y el humo creaban un ambiente irrespirable, que minó su salud; solicitó una primera baja en 1741 (hasta 1745). Ingeniero en segunda (1750), hubo de luchar para vencer las intrigas cortesanas y académicas que pretendieron obstaculizar su tarea excavadora. Ante la magnitud de los descubrimientos, el rey creó la Real Academia Herculanense (1755). Meticuloso, escribió una relación cronológica de los trabajos de excavación entre 1738 y 1756: *Noticia de las alhajas de Herculano, Pompeya y Estabia*. Los hallazgos provocaron una conmoción en los círculos eruditos y artísticos del momento. Además de información urbanística y arquitectónica de gran interés, se sacó a la luz un enorme repertorio de pinturas, así como de objetos de uso cotidiano, algunos de carácter técnico ignorados o mal conocidos (como la *groma*). Dirigió las excavaciones hasta su muerte, y realizó prospecciones en Sorrento, Pozzuoli y Cumas. Murió siendo mariscal de campo (1777) y gobernador del desaparecido Castillo del Carmen. [MSS]

Aldehuela, José Martín de (Manzanera, Teruel, 1719 – Málaga, 1802). Arquitecto. Se formó en Valencia con José Corbinos y trabajó con Francisco de Moya en Teruel, donde edificó la iglesia y colegio de la Compañía de Jesús (h. 1745-1752), destruidos en 1937, y la iglesia del Hospital (h. 1750), bajo el mecenazgo del obispo Pérez de Prado. Fue llamado por el obispo de Cuenca como maestro mayor de obras de la catedral, donde terminó, con planos de Ventura Rodríguez, la iglesia de San Felipe Neri y construyó las de San Pedro y San Antonio Abad (1764), la de la Concepción y el convento de franciscanos descalzos. Entre 1770 y 1775 erigió la parroquial de Orihuela del Tremedal (Teruel), en la que se combinan todavía barroco clasicista y rococó. Hacia 1779 se trasladó a Málaga, llamado por el obispo turolense José Molina y Lario, para construir el acueducto de San Telmo. Fue nombrado maestro de obras de la catedral malagueña, dirigió la construcción del Colegio de San Telmo, reedificó el de los agustinos y proyectó los jardines del Retiro de Santo Tomás, en el Monte de Churriana, al modo francés. Como ingeniero también levantó una treintena de puentes, destacando el de Ronda (1784-1788), con un gran arco de 75 m sobre el río Guadalevín. [AAN]

Alzate, José Antonio (Ozumba, México, 1737 – México, 1799). Divulgador científico. Quizá el sabio novohispano más conocido de su tiempo fuera de su país, ya que fue correspondiente de la Academia de Ciencias de París, que publicó varios de sus escritos, si bien la mayor parte de sus trabajos apareció en los numerosos periódicos que él mismo financiaba, como la *Gaceta de literatura de México*. Publicó obras cartográficas (mapas de América septentrional, planos de México, etc.), realizó observaciones astronómicas y experimentos sobre la electricidad, describió máquinas e instrumentos, así como inventos útiles sobre agricultura, minas, artes e industrias. Propuso soluciones para el desagüe del valle de México, realizó estudios arqueológicos en Teotihuacan y Xochicalco y escribió artículos sobre la cochinilla, los gusanos de seda y la entomología mexicana. [JSG]

Andrés Morell, Juan (Planes, Alicante, 1740 – Roma, 1817). Física, historia de la ciencia. Ingresó en la Compañía de Jesús en 1754. Ocupó la cátedra de retórica de la Universidad de Gandía hasta la expulsión de los jesuitas en 1767, en que se estableció en Italia. Estudioso de la obra de Galileo, publicó dos tratados que analizan sus aportaciones a la ciencia moderna: el *Saggio della Filosofia del Galileo* (1776) y *Sopra una dimostrazione del Galileo* (1779). Su obra más importante y conocida es *Dell'origine, progressi e stato attuale d'ogni letteratura* (1782-1799), una ambiciosa historia de la cultura literaria reeditada varias veces en Italia y traducida al castellano. Para Andrés, la literatura comprende tanto el saber humanístico como el científico y se divide en bellas artes, ciencias eclesiásticas y ciencias de la naturaleza. En cuanto a estas últimas, su obra constituye una interesante síntesis de los conocimientos alcanzados en este campo hasta el último tercio del siglo XVIII. [VNB]

Angulo, Francisco (¿Verín?, Orense, ? – Madrid, 1815). Ingeniero de minas y químico. Alumno de la Academia de Freiberg, ejerció como ingeniero director de las minas de Taucique en Saboya. Ayudado por Juan López de Peñalver, informó en 1786 sobre diversas minas andaluzas. Primer director general y visitador de las Minas del Reino, fue amigo de Fausto de Elhuyar. Propuso que la de Riotinto fuese instalación complementaria de Almadén para el estudio. Estableció que para ejercer empleos facultativos, económicos o gubernativos en explotaciones mineras se exigiera haber estudiado en la Academia almadenense o una institución análoga. Consideraba esencial el conocimiento de la química para el trabajo en la industrias mineras, por lo que envió alumnos de Almadén a los cursos de Chabaneau en Madrid (1792); también a las instalaciones centroeuropeas más importantes. Nombró directores españoles para Almadén, siendo el primero su hermano Manuel (1796-1799), expensionado en las academias de Schemnitz y Freiberg. Autor del conocido informe de 1794 en el que insistía en denominar "ingenieros" a los "geómetras subterráneos". Realizó numerosos y precisos informes, tanto sobre cuestiones mineralógicas como de procesamiento, o económico-sociales; dejó escritos sobre moneda, minas de azogue y carbón piedra, aguas minerales, historia natural, incluso

sobre autores españoles que habían trabajado en ello. Tuvo varios cargos con José I, que le nombró ministro de Hacienda en 1810. [MSS]

Ardemans, Teodoro (Madrid, 1664-1726). Arquitecto, ingeniero, pintor y escultor. Estudió pintura con Claudio Coello a la vez que se formaba en arquitectura y matemáticas, probablemente en el Colegio Imperial de Madrid. Arquitecto "vitrubiano" (consideraba la ingeniería hidráulica –civil– como parte de esa profesión), fue maestro mayor de las catedrales de Granada y Toledo, y arquitecto de los Reales Sitios (proyectó y dirigió obras en el palacio, la colegiata y los jardines de San Ildefonso). Plasmó su experiencia como "fontanero mayor" en *Fluencias de la Tierra y Curso Subterráneo de las Aguas* (1724), texto escrito en 1717, donde se evidencia su deuda con el anónimo tratado renacentista *Los Veintiún Libros de los Ingenios y Máquinas*. Por encargo del Concejo de la Villa y Corte, refundió las *Ordenanzas de Madrid...* y *Gobierno Político de las Fábricas* (1719), conjunto de prescripciones técnicas para la construcción, dirigido a maestros de obras y alarifes, que fue reimpreso en varias ocasiones. Con anterioridad, a solicitud del rey, escribió una *Descripción de las minas de Almadén* (1718). Entre sus discípulos se encuentra el arquitecto Pedro de Ribera, que le sucedió como maestro mayor de obras del Ayuntamiento de Madrid. [MSS]

Aréjula, Juan Manuel de (Lucena, Córdoba, 1755 – Londres, 1830). Cirujano y químico. Formado en el Colegio de Cirugía de Cádiz, ejerció como cirujano militar entre 1776 y 1784. En ese año fue enviado a París para estudiar con Antoine François de Fourcroy, uno de los promotores de la química científica, de quien fue «demostrador» y colaborador hasta 1791, cuando regresó a España. Fue profesor de materia médica y botánica del Colegio de Cirugía de Cádiz, pero constaba como profesor «forastero» en el Laboratorio Químico de Madrid dirigido por Pedro Gutiérrez Bueno. Tradujo al castellano la nomenclatura química de Lavoisier, Fourcroy, Guyton de Morveau y Berthollet, aunque no la completó al saber que se imprimía la traducción de Gutiérrez Bueno. Sí publicó los comentarios críticos que había preparado. Sólo fue recogida una de sus sugerencias, el cambio de «gas azotique» por «gas azote». A comienzos del siglo XIX combatió la fiebre amarilla en Andalucía. Su influencia en la epidemiología y la confección de estadísticas sanitarias fue notable. Por sus ideas liberales fue marginado a partir de 1814. En 1823 tuvo que exiliarse a Inglaterra. [ARR]

Arias Costa, Antonio Sandalio de (Madrid, 1764-1839). Agrónomo y jardinero. Fue jardinero mayor en el Real Convento de la Encarnación, lo que le permitió dedicarse al estudio de la botánica. Su primera obra, *Cartilla elemental de Agricultura acomodada a nuestro suelo y clima* (1808), le valió ser nombrado Socio de Mérito Literario de la Económica Matritense. En 1814 se incorporó al Jardín Botánico, donde fue jardinero mayor, profesor de Agricultura y director. En 1816 publicó *Lecciones de Agricultura esplicadas en la Cátedra del Real Jardín Botánico de Madrid en el año de 1815*, que le confirió notable prestigio. Tomó parte en las adiciones con las que se actualizó la *Agricultura general* de Herrera, publicada por la Sociedad Económica Matritense en 1818. Estuvo muy implicado en la difusión de la enseñanza de la agricultura, siendo autor de planes que culminaron con el establecimiento de seis cátedras de Agricultura en España. Contribuyó a la difusión de la silvicultura y la organización de su enseñanza. En 1839 fue nombrado inspector general de montes. Uno de sus discípulos, Agustín Pascual, fue el introductor en España de la moderna ingeniería forestal. [VCC]

Arnal Ardei, Pedro (Madrid, 1735-1805). Arquitecto. Se formó en la Escuela de Bellas Artes de Toulouse (Francia) y a su regreso estudió en la Academia de San Fernando. Tras formar parte de la expedición de José de Hermosilla a Córdoba y Granada para dibujar los principales monumentos islámicos, fue nombrado académico de mérito (1767). Enseñó en la academia madrileña, de la que fue teniente-director de Arquitectura (1774), director (1786) y director general (1801-1804). Erudito y culto, más teórico que práctico, fue defensor de un clasicismo funcionalista. Entre las obras que pro-

yectó en Madrid destacan el palacio de Buenavista (1777-1782), actual ministerio de Defensa, por encargo de los duques de Alba; la arquitectura y decoración interior de la Imprenta Real (1784), en la calle de Carretas; y la Real Casa de Postas (1795-1800). También proyectó retablos, como el tabernáculo de la capilla mayor de la catedral de Jaén. [AAN]

Asso y del Río, Ignacio Jordán de (Zaragoza, 1742-1814). Jurisconsulto, naturalista y agrónomo. Estudió humanidades, filosofía y ciencias en el Colegio de Nobles de Cordelles de Barcelona y en la Universidad de Cervera, donde obtuvo el título de bachiller en Artes (1760). Cuatro años más tarde se doctoró en jurisprudencia en la Universidad de Zaragoza. Durante tres años viajó por Europa estudiando derecho e historia natural. En 1776 fue cónsul en Ámsterdam, donde se relacionó con los naturalistas holandeses. De vuelta a España herborizó el sur de Aragón, la sierra de Guara y los montes de Jaca. Muy vinculado a la Sociedad Económica Aragonesa, en 1784 organizó, junto con Alejandro Ortiz y Pedro Echeandía, un gabinete de historia natural fomentando la creación de un jardín botánico y agrícola en Zaragoza. Dirigió las cátedras de Química y Botánica desde 1796 hasta la Guerra de la Independencia. Publicó numerosas obras de derecho y una *Historia de la economía política de Aragón* (Zaragoza, 1798) en la que resumió la información existente sobre agricultura, industria, población, comercio, moneda y tributos. Gracias a sus relaciones con científicos europeos publicó en Marsella y Ámsterdam tres libros (1779, 1781, 1784) donde relacionó 1.368 especies vegetales y numerosos animales presentes en Aragón. Se ocupó de la lucha contra la plaga de la langosta en su *Discurso sobre la langosta y medios de extinguirla* (Ámsterdam, 1785), que se reeditó en 1826 y fue traducido al alemán. También experimentó con diversas variedades de trigo para conocer su rendimiento y su capacidad de adaptación al territorio (*Relación de los experimentos acerca del cultivo de diferentes especies de trigo*, Zaragoza, 1797 y 1798). [JCP]

Azara y Perera, Félix (Barbuñales, Huesca, 1742 – Huesca, 1821). Ingeniero militar, geógrafo, cartógrafo, zoólogo. De familia infanzona, estudió en la Universidad Sertoriana de Huesca (1757-1761) antes de ingresar en la Real Academia de Matemáticas de Barcelona. En 1767 fue promovido a ingeniero delineador. Participó en trabajos de corrección hidrológica en los ríos Oñar, Henares y Tajuña; colaboró en tareas de fortificación en Figueras y Mallorca, así como de reconstrucción en la Barceloneta. Miembro fundador de la Real Sociedad Económica Aragonesa de Amigos del País, fue destinado a San Sebastián como ingeniero en segunda. En 1781 se trasladó a Río de la Plata para participar en la demarcación de límites en aplicación del Tratado de San Ildefonso (1777); se le nombró capitán de fragata, graduación equivalente a la que disfrutaba, pero de la Marina, corporación a la que esa tarea estaba encomendada. Ante la ausencia de los portugueses, dedicó su tiempo a diversos estudios. Naturalista autodidacta, pasó veinte años en América. Volvió como capitán de navío y en febrero de 1802 fue promovido a brigadier de la Armada. Renunció al virreinato de Nueva España que le ofreció Godoy (1803), aunque aceptó pertenecer a la Junta de Fortificaciones y Defensa de las Dos Américas. Al comienzo del Trienio Liberal fue elegido Regidor Constitucional de Huesca. Disconforme con el absolutismo de Fernando VII, no aceptó la recién creada Orden de Isabel la Católica. Más allá de su dedicación a la zoología, Azara desarrolló innumerables actividades de explorador, geógrafo y etnógrafo, además de organizador incansable de nuevos territorios. Precursor de Darwin, quien le cita profusamente, mantuvo una posición crítica con la aproximación de Buffon, sentando bases para la teoría de la evolución de las especies. Como cartógrafo se le deben la *Carta esférica o reducida de las provincias del Paraguay y Misiones Guaranís, con el distrito de Corriente*, y la *Carta plana de grande parte del Río Paraguay*. Entre sus textos más destacados se encuentran *Memorias sobre el estado rural del Río de la Plata* (1801); los *Apuntamientos para la Historia Natural de los Páxaros del Paraguay y Río de la Plata* (1802-1805) y los *Apuntamientos para la Historia Natural de los Cuadrúpedos del Paraguay* (1802); *Voyages dans l'Amérique Méridionale* (1809); y *Descripción e Historia del Paraguay y del Río de la Plata* (obra póstuma, 1847). [MSS]

Bails, Benito (Barcelona, 1730 – Madrid, 1797). Matemático. Estudió en Toulouse y París. Fue miembro de las academias españolas de la lengua, de la Historia y de las Ciencias y Artes de Barcelona; y director de matemáticas de la Real Academia de San Fernando. Por encargo de esta última institución compuso su obra más destacada, los *Elementos de Matemáticas* (1772-1783), en diez volúmenes; es el trabajo enciclopédico más importante publicado en castellano durante el siglo XVIII, relativo a las ciencias físico-matemáticas y sus aplicaciones. Los tres primeros volúmenes contienen la aritmética, geometría y trigonometría (uno); el álgebra (dos); las cónicas, el cálculo infinitesimal y las ecuaciones diferenciales (tres). Los volúmenes cuatro al seis incluyen la dinámica, hidrodinámica y óptica. El siete y ocho tratan de astronomía; y los nueve y diez, de arquitectura civil e hidráulica y la tabla de logaritmos. El plan general de la obra es exponer de forma didáctica los temas reseñados, atendiendo a los progresos experimentados en los mismos. Plan que Bails desarrolla con éxito, sirviéndose de obras europeas como el *Cours de mathématiques* de Bézout y los trabajos de Gabriel Cramer, Christian Wolff y Leonhard Euler, entre otros; así como de los autores españoles más notables. [VNB]

Ballina, Manuel Isidoro de la. Arquitecto, fallecido en 1818. Hijo del arquitecto José de la Ballina, fue medidor de las obras del Palacio Real de Madrid desde 1767. Nombrado Arquitecto de Rentas Reales, realizó el proyecto para la Real Fábrica de Aguardientes y Naipes de Madrid y dirigió sus obras (1780-1796). También se ocupó (1784) del proyecto para una Fábrica de Filtraciones de Lejías para la Real Fábrica de Salitres de Madrid, establecimiento este último en cuyas obras colaboró con su padre (1778-1785). Diseñó también una Fábrica de Salitres en Tembleque (1785). Colaborador de Juan de Villanueva en intervenciones en el Real Sitio de San Lorenzo del Escorial, en 1802 publicó *Reglas para tasar con exactitud y conocimiento la habitación de una casa* (Madrid, Isidro López). [ARY]

Barba i Roca, Manuel (Vilafranca del Penedés, Barcelona, 1752-1824). Jurista y agrónomo. Inició estudios de medicina en la Universidad de Cervera, que abandonó para cursar la carrera de derecho y doctorarse en leyes. Fue abogado de la Audiencia de Cataluña. En 1808, al inicio de la Guerra de la Independencia, fue diputado por el corregimiento de su ciudad natal formando parte de la Junta Superior de Cataluña, donde ocupó la Secretaría de Guerra. Gran admirador de la obra de Campomanes, participó en todos los proyectos encaminados a modernizar la comarca del Penedés; potenció la construcción de carreteras y organizó su Hospital y la Casa de la Caridad. En 1781 ingresó en la Academia de Jurisprudencia y en 1786 en la de Ciencias y Artes de Barcelona, donde leyó siete memorias de tema agronómico, entre ellas *Sobre el estado actual de la agricultura en Cataluña y medios de mejorarla* (1787), *Sobre la plantación de árboles* (1789), *Sobre una nueva máquina para facilitar el riego* (1792), *Sobre los usos de los orujos de vino* (1798), *Sobre el cardenillo* (1802) y *Observaciones a la Memoria de José Navarro sobre la plantación y cultivo de la viña* (1802). Era partidario de la extensión de los cultivos y del desarrollo de la ganadería. Propagó las ventajas de extraer el azúcar de la uva e introdujo el cultivo de la patata en su comarca, por lo que fue conocido como "Doctor Patata". [JCP]

Barnola, José. Ingeniero militar activo entre las décadas de 1720 y 1760. Promovido a ingeniero extraordinario en 1726, hacia 1730 intervino en las obras que se realizaban en Cádiz en el Arsenal de La Carraca y en la muralla. Entre sus numerosos proyectos puede citarse el «Plano y perfil de una de las naves con su varadero, que se había propuesto ejecutar para la construcción y resguardo de la arboladura en el Real Arsenal». En la década de 1750, siendo ya ingeniero jefe de la plaza de Cádiz, proyectó la portada principal del frente de tierra, levantó un mapa general de la bahía, intervino en la elección del terreno para el nuevo hospicio de la Caridad y proyectó el Hospital Real de la Marina, los nuevos cuarteles y el lazareto. También fue llamado para diversas comisiones en Andalucía y realizó los planos de los cimientos para la fábrica de tabacos de Sevilla, firmados conjuntamente con Félix Davalillo. [HCS]

Bauzá y Cañas, Felipe (Palma de Mallorca, 1764 – Londres, 1834). Marino y cartógrafo. Ingresó en la Armada en 1778. Participó en la comisión de Vicente Tofiño para cartografiar las costas españolas y sus correspondientes africanas y en 1789 se unió a la expedición Malaspina como director de cartas y planos, entre ellas las de Valparaíso y Buenos Aires. En 1791 fue nombrado alférez de navío. Trabajó como ayudante en el Arsenal de La Carraca. En 1797 fue destinado a Madrid con motivo de la creación de la Dirección de Hidrografía. En 1808 levantó una carta de la frontera entre España y Francia. Cuando se produjo la invasión francesa trasladó a Sevilla diversas cartas y planos que se hallaban en Madrid, y estableció provisionalmente el Depósito Hidrográfico en la Isla de León. Cuando, en 1814, el Depósito fue trasladado de nuevo a Madrid, fue nombrado su director. Diputado liberal, en 1823 tuvo que emigrar a Londres. [MSG]

Beranger, Carlos (1719-1793). Militar e ingeniero. Hijo de un ingeniero militar francés, que llegó a ser ingeniero director de Valencia, con el grado de brigadier. Realizó su carrera en el ejército, como oficial de los regimientos de dragones de Orán, hasta 1748, y luego en el de Batavia, mandado por el coronel Manuel de Amat, que en 1754 sería destinado a América, primero como gobernador y capitán general de Chile y luego (1761) como virrey del Perú. Beranger fue llamado por Amat a América para actuar como ingeniero, a pesar de no formar parte del Cuerpo. En 1761 llegó a Lima y trabajó en la fortificación del Callao, afectada por el terremoto de 1746. En 1764 fue nombrado gobernador de la Provincia de Angares y gobernador y superintendente general de la Villa y Mina de Huancavélica, sustituyendo en este cargo a Antonio de Ulloa, cuyas medidas para asegurar los intereses de la Corona en la mina le habían enfrentado con los mineros, los funcionarios de la administración colonial y con el virrey. Beranger adoptó una política más conciliadora, aunque realizó una labor técnica eficaz. En 1767 fue nombrado gobernador de la isla de Chiloé en el Pacífico meridional chileno, donde dirigió la construcción del fuerte y ciudad de San Carlos, realizó el estudio de las necesidades defensivas de la región y redactó una *Relación Geográfica de la Isla de Chiloé*. Impulsó la organización de expediciones para el reconocimiento de las costas cercanas al estrecho de Magallanes. Por problemas de salud fue relevado de su cargo en 1772. Regresó a España al año siguiente y realizó un informe sobre las fortificaciones de Valdivia. [HCS]

Betancourt y Molina, Agustín (Puerto de la Cruz, Tenerife, 1758 – San Petersburgo, 1824). Ingeniero, inventor y sabio. De familia canaria de raigambre, se formó en Madrid, en los Reales Estudios de San Isidro (1777-1780) y en la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando (1779-1781). Amplió estudios en la *École des Ponts et Chaussées* de París, siendo alumno de J. R. Perronet. Director del equipo hidráulico encargado por el gobierno español de constituir la colección de máquinas que formarían el Real Gabinete (1786-1789), en una operación de espionaje y rediseño presentó en la Europa continental la máquina de vapor de doble efecto (1788-1789). Al servicio de la Corona española efectuó diversos viajes a Francia e Inglaterra (1791-1808). A partir de 1808, al servicio del Imperio ruso, fue nombrado teniente general (1809). En España fundó el Real Gabinete de Máquinas del Buen Retiro (1788-1792) y la Escuela de Caminos y Canales (1802); participó en la creación de la Inspección General de Caminos y Canales (1799), siendo su segundo inspector general (1801). En Rusia fue uno de los fundadores del Cuerpo de Ingenieros de Vías de Comunicación, fundador e inspector de su Instituto (1809-1810); director general de Vías de Comunicación (1819-1822), fue presidente del comité hidráulico responsable de los trabajos de construcción de San Petersburgo (1816), uno de los iniciadores del *Journal des voies de communication* (1826) y promotor de la comisión encargada de informar los proyectos y obras de arte en el Imperio (1820). Autor de numerosos proyectos e inventos, tanto en España como en Francia, entre los que cabe reseñar diversas máquinas para el sector textil, excavadoras, dragas, transmisiones para molinos de viento, esclusa con pistón sumergido o telégrafo óptico; en Rusia: draga a vapor, fábrica de cañones en Kazán, puentes sobre la calzada de Moscú a San Petersburgo y a Nijni Novgorod, picadero en Moscú o la feria de Nijni Novgorod. Fue director

técnico de la construcción de la Catedral de San Isaac. Entre sus memorias científicas destacan: *Sobre la fuerza expansiva del vapor* (1790); sobre un nuevo telégrafo y el lenguaje telegráfico (1796); sobre un nuevo sistema de navegación interior (1807). Su obra científica principal, el *Ensayo sobre la Composición de las Máquinas* (con J. M.ª de Lanz, 1808), lo sitúa en el origen de una nueva disciplina, la Cinemática, en el marco de la Teoría de Máquinas y Mecanismos. Fue miembro correspondiente del Instituto de Francia (1809) y de la Academia de Ciencias de Baviera [IG]

Boort (Bort) Meliá, Jaime (Valencia, ? – Madrid, 1754). Arquitecto. En 1736 proyectó la hermosa y escenográfica fachada de la catedral de Murcia, que construyeron y decoraron sus colaboradores entre 1742 y 1754. Es uno de los más bellos ejemplos de la arquitectura barroca tardía y protorrococó en España, con su gran nicho cóncavo rematado en cuarto de esfera y copete mixtilíneo, y recubierta con ornatos de filiación francesa e italiana y teatrales estatuas alegóricas. [AAN]

Boutelou, Claudio (Aranjuez, Madrid, 1774 – Sevilla, 1842). Agrónomo y jardinero. Perteneciente a una estirpe de varias generaciones de jardineros de los Reales Sitios. A los dieciséis años se le concedió una beca, junto con su hermano Esteban, para estudiar botánica, agricultura y horticultura en Francia y Gran Bretaña. A su regreso en 1799 fue contratado como jardinero mayor en el Jardín Botánico de Madrid y el Buen Retiro. A la muerte de Cavanilles, en 1804, fue nombrado subdirector del Jardín y segundo profesor de Botánica. En 1807 se le encargó la enseñanza de la Agricultura y Botánica Agrícola, al instaurarse en el Jardín Botánico esta disciplina. También se ocupó del cuidado de los jardines, de los que ejerció como director durante la Guerra de la Independencia. Acusado de afrancesado, fue destituido del cargo al acabar la contienda. En 1816 ocupó la cátedra de Agricultura de Alicante, y en 1827 se trasladó a Sevilla para dirigir los Establecimientos de Agricultura del Guadalquivir y el Canal de San Fernando. En esta ciudad organizó un Jardín de Aclimatación (1832). Investigó para adaptar la variedad de arroz "de secano", el cacao y el añil a Andalucía. Editó siete monografías de tema agronómico, y en su etapa del Jardín Botánico de Madrid escribió numerosos artículos en colaboración con su hermano, que se publicaron en el *Semanario de Agricultura y Artes*, un *Tratado sobre la huerta* (1801, 1813) y un *Tratado de las Flores* (1804, 1827). Cabe destacar la publicación de unos *Elementos de Agricultura* y un *Tratado del injerto* (1817). Participó en las correcciones y adiciones que se hicieron a la *Agricultura General* de Alonso de Herrera en 1818. Era miembro de la Sociedad Económica y la Academia de Medicina de Madrid y corresponsal de la de Ciencias de Barcelona, la de Historia Natural de París y la Económica valenciana. [JCP]

Boutelou, Esteban (Aranjuez, Madrid, 1776 – Sanlúcar de Barrameda, Cádiz, 1814). Agrónomo y jardinero. Hermano pequeño de Claudio Boutelou. Junto con este estuvo becado, para estudiar botánica, agricultura y horticultura en Francia y Gran Bretaña. En 1801 era ayudante de jardinero y arbolista en los Jardines de Aranjuez, de los que llegaría a ser jardinero jefe. En 1807 estuvo contratado por el Jardín Botánico de Madrid como profesor de Agricultura y Economía Rural. Viajó a Sanlúcar de Barrameda con el encargo de organizar el Jardín de Aclimatación de Plantas "Príncipe de la Paz", que fue destruido en 1808 con la invasión francesa. Realizó experimentos con la cebada ramosa. Colaboró con su hermano en la redacción de artículos que se publicaron en el *Semanario de Agricultura y Artes* y en el *Tratado sobre la Huerta* (1801) y *Tratado de las Flores* (1804). Publicó una *Memoria sobre el cultivo de la vid* (1807), de gran importancia para el fomento de la industria vitivinícola en Andalucía. Era miembro de las sociedades económicas de Madrid y Sanlúcar de Barrameda. [JCP]

Bowles, Guillermo (Cork, Irlanda, 1720 – Madrid, 1780). Botánico y metalurgista. Estudió leyes en Inglaterra, y tras su instalación en París (hacia 1740) se dedicó a la botánica, la química y la metalurgia. Antonio de Ulloa promovió su contratación por el gobierno español para que aplicara sus conocimientos a la mejora de las minas, al establecimiento de un Gabinete de Historia Natural y un

laboratorio químico. Visitó Almadén y realizó numerosos viajes por la Península; recogió sus observaciones en su *Introducción a la historia natural y a la geografía física de España* (1775), en la que trata de aspectos geológicos y mineros y del conjunto de los recursos naturales que podían ser explotados racionalmente. Son relevantes sus observaciones sobre los fósiles y la paleontología, así como sobre la química de minerales como el aragonito y el platino. [VCC]

Cabrer Rodríguez, Carlos (Madrid, 1760-?). Ingeniero militar. Hijo de Carlos Cabrer Suñer. Sirvió como cadete en la plaza de Rosas y estudió en la Academia de Matemáticas de Barcelona. Promovido a ingeniero extraordinario, fue destinado a San Fernando de Figueras. En 1784 pasó a Barcelona y fue encargado de las obras de limpieza del puerto, cuartel nuevo de las Atarazanas, repaso general de la ciudadela y de Montjuic. En 1790 fue nombrado profesor de la Academia de Matemáticas. En 1792, ya como ingeniero ordinario, es destinado al servicio de la Dirección de Fortificaciones, donde sustituye a Antonio Samper. Poco después dirigió varias obras en el Nuevo Reino de Granada, a las órdenes del virrey. En Santa Fe de Bogotá levantó los planos del edificio de la administración de correos y la aduana, así como un plano general de la ciudad y una carta esférica del virreinato. En 1809 participó en las obras de la fortificación de Hostalric y en la defensa de Valencia. En 1815 fue nombrado director de la Escuela Militar de Toledo, siendo mariscal de campo y director subinspector del Real Cuerpo de Ingenieros. [HCS]

Cabrer Suñer, Carlos (Barcelona, 1721-1805). Ingeniero militar. En 1741 era teniente del Regimiento de Infantería de España. En 1750 fue nombrado ingeniero extraordinario, destinado en Cataluña, y en 1760 llegó a teniente coronel e ingeniero en segunda, sustituyendo a Juan Escofet en la Academia de Matemáticas de Barcelona. En los años siguientes levantó un plano del curso del Ter en las inmediaciones de Gerona, y trabajó en La Junquera, en la ampliación del camino de la frontera de Francia, por el Pertús. En 1774 fue destinado a Orán y en 1782 trabajaba en el virreinato de la Plata, principalmente en las baterías para la defensa de Buenos Aires y en la fortificación de Montevideo, aunque también emitió informes y elaboró proyectos para obras civiles, como la Real Audiencia de Buenos Aires. [HCS]

Calabro, Mateo (†Valencia, 1748). Ingeniero militar. Activo en Vizcaya y en Barcelona, donde trabajó en la Ciudadela, cuya construcción dirigía Jorge Próspero de Verboom, como sargento de artillería. Entre 1720 y 1738 fue director de la Real Academia de Matemáticas de Barcelona, para la que realizó un plan de estudios. Finalizó en 1733 un *Tratado de fortificación o arquitectura militar para la enseñanza en la Academia,* que se ha conservado manuscrito (fue publicado en 1991). En 1740 ascendió a coronel. En 1745 estaba todavía activo y firmó el proyecto del fuerte Galicano de Calpe, en Alicante, para resguardo de embarcaciones, realizado a partir de la relación que había efectuado el ingeniero Nicolás Bodino. [HCS]

Canals i Martí, Joan Pau (Barcelona, 1730 – Madrid, 1786). Fabricante de indianas y químico. En 1760 la Junta General de Comercio y Moneda le encargó un estudio para mejorar el rendimiento de las plantas tintóreas cultivadas en la provincia de Valladolid, consiguiendo aumentar de tal forma la productividad que en 1768 fue posible abastecer todas las fábricas de Cataluña e incluso generó excedentes. Nombrado director y visitador general de tintes del Reino (1764), la Junta de Comercio de Barcelona le encargó la redacción de unas instrucciones para introducir el cultivo en Cataluña (*Recopilació de las regles principals sobre el cultiu de la roja o granza*, Barcelona, 1766). En 1764 fue elegido miembro de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona donde dirigió la clase de Agricultura (1766-1768). Socio de la Academia de San Fernando, la Sociedad Económica Matritense y la Academia de Agricultura de Galicia. Escribió una veintena de memorias relacionadas con plantas tintóreas (orchilla, gualda, bonga de Filipinas, pastel, cascarilla), plantas alimentarias (colza, nabo silves-

tre) y otros productos químicos (albayalde, caparrosa, azul de Prusia, goma de Indias, cardenillo, carbón de piedra). Publicó monografías sobre plantas que suministran tintes (*Colección de lo perteneciente al ramo de la rubia en España*, Madrid, 1779, y *Comercio de rubia o granza en España*, Madrid, 1799), o productos colorantes de origen animal como la púrpura que se extraía de conchas de moluscos (*Memoria sobre la púrpura de los antiguos*, Madrid, 1779) y la cochinilla (*Memoria sobre la grana kermes de España*, 1768). [JCP]

Caramuel Lobkowitz, Juan (Madrid, 1606 – Vigevano, Italia, 1682). Matemático, físico, astrónomo. Perteneció a la orden del Císter. Estudió artes en la Universidad de Alcalá, y posteriormente en Galicia y Salamanca. En 1635 se trasladó a Lovaina, donde se doctoró en teología. Recorrió Francia, Bohemia, Alemania, Austria e Italia, relacionándose con intelectuales como Pierre Gassendi, Marcus Marci y Athanasius Kircher. Se ocupó de casi todos los campos del saber, otorgándoles un tratamiento muy personal y polémico y participando en debates científicos como el de la ley de la caída de graves y el isocronismo de las oscilaciones pendulares. Entre sus aportaciones a las matemáticas figuran la introducción del cologaritmo, la exposición en forma completa y moderna de la combinatoria, el estudio y resolución de los problemas planteados por el cálculo de probabilidades y el estudio de los sistemas de numeración. [VNB]

Carbonell i Bravo, Francesc (Barcelona, 1768-1837). Químico, boticario y médico. Consiguió el título de maestro boticario en 1789, aunque le obligaron a no ejercer en Barcelona. Estudió en Madrid con François Chabaneau (Escuela de Mineralogía de Indias) y Pedro Gutiérrez Bueno (Real Laboratorio Químico). Cursó medicina en Huesca (1791-1795), donde se doctoró. Elegido socio "libre" de la Academia Médico Práctica en 1795, en 1797 se le encargó un curso de química aplicada a la medicina. En 1796 apareció la primera edición de su *Pharmacie Elementa Chemiae recentoris fundamentis innixia*, que se publicaría en castellano en 1805. Miembro de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona (1798), emprendió nuevos estudios en Montpellier, donde se doctoró en la Facultad de Medicina (1801). Allí coincidió con el joven Josep Garriga. Bajo la influencia de Jean-Antoine Chaptal, orientaba la química no sólo a sus aplicaciones a la medicina y la farmacia, sino también a la agricultura y a la industria. Su trabajo *Pintura al Suero* (1802) fue ampliamente difundido y aplicado. En Madrid estudió con Louis Proust y Christian Herrgen. En 1803 la Junta de Comercio de Barcelona le nombró profesor de química aplicada a las artes. Pocos días después de la inauguración de las clases, se produjo una explosión por la que perdió un ojo, lo que le apartó un tiempo de la docencia. Continuaría al frente de las clases hasta 1808 y, tras la guerra, hasta su jubilación en 1822. Carbonell convirtió su cátedra en un lugar de difusión de las nuevas tecnologías químicas; entre otras, las relacionadas con las tinturas, el análisis de aguas y la destilación de alcoholes. [ARR]

Carlier, François Antoine (? – Bayona, Francia, 1760). Arquitecto francés, hijo del también arquitecto de Felipe V René Carlier. Se formó en París y debió de venir con su padre a España hacia 1712 para trabajar en los jardines del Buen Retiro de Madrid. Volvió nuevamente en 1745, cuando fue nombrado arquitecto del rey y profesor de arquitectura en la Preparatoria de la que sería Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, donde en 1753 ocupó el cargo de director honorario de Arquitectura. Como arquitecto real construyó la iglesia de El Pardo y la de religiosos Premonstratenses de Madrid. Su proyecto más importante fue la iglesia y real monasterio de la Visitación, conocido como las Salesas Reales (1750-1758), cuya construcción promovieron Fernando VI y Bárbara de Braganza para la educación de las hijas de la nobleza. Es obra destacada del rococó español y su ejecución corrió a cargo de Francisco Moradillo, autor del ático de la fachada y la cúpula. [AAN]

Casado de Torres e Irala, Fernando (Cuenca, 1754 – Murcia, 1829). Ingeniero de la Marina. Desde 1784 estuvo pensionado por la Secretaría de Indias, en atención a los servicios prestados en

viajes de espionaje industrial. En 1788 fue enviado al arsenal de La Carraca para estudiar la construcción de un gran aserradero movido a vapor y al año siguiente encargó a Boulton y Watt la construcción de la máquina que debía impulsarlo. También viajó a Alemania para recoger información sobre los métodos de explotación de las minas de carbón y las técnicas de coquización. A su regreso (1790) se encargó de poner en marcha las Reales Minas de Langreo y trabajó en la construcción de un gran horno de coquización, así como en el proyecto de canalización del río Nalón. En 1792 se trasladó a Cádiz, donde ya había llegado la máquina de vapor; las obras del aserradero estaban paralizadas y las piezas de la máquina habían empezado a deteriorarse sin haber llegado a ser montadas. Volvió a Asturias y en 1793 dirigió unos infructuosos experimentos de fundición con coque en La Cavada; proyectó para Trubia (Asturias) una gran fundición siderúrgica concebida para consumir carbón mineral, pero no pudo llevar a cabo las obras porque enfermó gravemente. En 1794 consiguió reactivar en Cádiz la construcción del aserradero, pero tras el robo de las piezas más importantes de la máquina de vapor, las autoridades cancelaron el proyecto. En 1796 fue nombrado director de las fundiciones de Liérganes y La Cavada, con el encargo de adaptar sus altos hornos al consumo de carbón mineral, pero fue cesado en 1798. A partir de entonces su carrera se apartó de la tecnología industrial. Miembro de la comisión de límites entre España y Francia (1799-1806), en 1810 cayó prisionero del ejército francés. Nombrado diputado por Cuenca en las Cortes de Cádiz, tras un largo proceso de "purificación" fue rehabilitado (1815) y ascendió a jefe de escuadra. Entre 1820 y 1822 ocupó la Comandancia General de Ingenieros de la Armada. [JHQ]

Casas y Novoa, Fernando de (? – Santiago de Compostela, 1749). Arquitecto, el más importante de Galicia en la primera mitad del siglo XVIII. Fue maestro de obras de la catedral de Santiago de Compostela, cargo en el que sucedió en 1711 a Domingo de Andrade. Proyectó y construyó el claustro barroco de la catedral de Lugo (1711-1714), de bellas proporciones; la capilla circular de N.ª S.ª de los Ojos Grandes (1726), en la cabecera de la catedral lucense; y se le atribuye el claustro del monasterio de San Martín Pinario (1740), en Santiago, en la fachada de cuya iglesia ya había trabajado en su juventud. Su obra más importante fue la fachada del Obradoiro de la catedral (1738-1749), que cierra el Pórtico de la Gloria. También construyó la torre norte, imitando la gemela que Peña de Toro y Andrade habían edificado en la segunda mitad del siglo XVII. [AAN]

Cavanilles, Antonio José (Valencia, 1745 – Madrid, 1804). Botánico, historia natural, geógrafo. Estudio filosofía y teología en Valencia y Gandía, y se doctoró en teología en 1766. Entre 1777 y 1789 vivió en París, donde completó su formación en botánica, que estudió con Antoine Laurent de Jussieu. En 1784 publicó unas *Observations* a un famoso artículo sobre España de Nicolas Masson de Morvilliers, publicado en 1782 en la *Nouvelle Encyclopédie* y que consideraba nula la aportación española al conocimiento científico, opinión que Cavanilles intentó contrarrestar. En 1785 comenzó a publicar una serie de monografías sobre las malváceas, lo que le granjeó un prestigio internacional pero también críticas por parte de botánicos como Casimiro Gómez Ortega e Hipólito Pavón. En 1789 regresó a Madrid para estudiar la flora española, para lo que realió viajes por la Península que, junto con el estudio de documentación y herbarios, están en la base de sus obras *Icones et descriptiones plantarum quae aut sponte in Hispaniae crescunt, aut in hortis hospitantur* (1791-1801, seis volúmenes) y *Observaciones sobre la Historia Natural, Geografía, Agricultura, población y frutos del Reyno de Valencia* (1795-1797). En 1799 promovió la fundación de los *Anales de Historia Natural*, de los que fue colaborador. En 1801 fue nombrado director del Jardín Botánico de Madrid, en el que introdujo importantes mejoras. [VCC]

Cedillo y Rujaque, Pedro Manuel (Sevilla, h. 1676 – Puerto de Santa María, Cádiz, 1761). Matemático, profesor de navegación. Se formó en navegación en el Seminario de San Telmo de Sevilla, del que fue profesor hasta 1724. Fue uno de los artífices de la primera renovación de los saberes

náuticos en España. En Sevilla publicó *Compendio de la arte de Navegación* (1717) y una *Trigonometría aplicada a la navegación, assí por el beneficio de las tablas de los Senos, y Tangentes Logaríthmicas; como por el uso de las dos Escalas Plana, y Artificial* (1718). En 1724 pasó a la Academia de Guardias Marinas de Cádiz como segundo profesor de matemáticas, ocupando el puesto de director en 1728, que conjugó con el de piloto mayor, con facultad para examinar y dar licencia a los pilotos que hubiesen de conducir los buques a puertos americanos, una herencia de la clausurada Casa de Contratación de Sevilla. Fruto de sus enseñanzas en la Academia fue su *Tratado de la Cosmographía, y náutica* (Cádiz, 1745). [MSG]

Cerdá, Tomás (Tarragona, 1715-1791). Matemático. Jesuita, estudió humanidades, filosofía y teología en Tarragona, Gandía y Valencia. Profesor de filosofía en Zaragoza (1747-1750) y en Cervera (1750-1753), donde publicó *Jesuiticae Philosophiae Theses* (1753), obra que trata cuestiones de física, astronomía y matemáticas, con referencias a Kepler, Descartes, Gassendi, Huygens, Cassini, Clairaut, Jorge Juan, Nollet y Newton. Estudió matemáticas en Marsella (1753) con el jesuita Esprit Pezenas y a su regreso se encargó de la cátedra de esa materia en el Colegio de Cordelles. En 1765 fue nombrado profesor del Colegio Imperial de Madrid. Proyectaba publicar un compendio de matemáticas puras y aplicadas en 10 volúmenes, de los que sólo aparecieron dos: las *Lecciones de Mathemática o Elementos Generales de Geometría* (1760) y las *Lecciones de Artillería* (1764), orientadas a los estudios de la Escuela de Artillería de Segovia. Se conservan manuscritos relacionados con su proyecto enciclopédico, entre ellos varios dedicados al cálculo diferencial, la mecánica racional newtoniana y la astronomía. [VNB]

Chafrión, José (Valencia, 1653 – Barcelona, 1698). Militar e ingeniero. Alumno de José de Zaragoza en su ciudad natal, a los 18 años marchó a Roma a estudiar matemáticas y arquitectura militar, siendo discípulo aventajado de Juan de Caramuel, que le legó su biblioteca. Destinado al Estado de Milán, Diego Felipe de Guzmán, III marqués de Leganés, gobernador del mismo, lo nombró su ayudante. Es un destacado representante de la Escuela de Milán, donde realizó un atlas con los planos de las fortalezas de la Lombardía. En 1693 escribió el prólogo al tratado *Escuela de Palas*, publicado en Milán ese año y del que algunos le creen autor junto con el III Marqués de Leganés. Destinado a Cataluña, desempeñó el cargo de ingeniero mayor proyectando y dirigiendo en particular diversos trabajos en la fortaleza de Montjuic. [FCG]

Chaix Isnel, José (Xátiva, Valencia, 1766 – Valencia, 1811). Ingeniero cosmógrafo, matemático y astrónomo. Fue vice-director del Real Cuerpo de Ingenieros Cosmógrafos del Estado, comisario de guerra honorario y profesor de los estudios de la Inspección General de Caminos. Publicó trabajos de astronomía en los *Anales de Ciencias Naturales* en 1801, resultado de sus determinaciones de la latitud de varias estrellas, para lo que realizó observaciones con Mariano Luis de Urquijo y Agustín de Bethancourt. También en 1801 publicó el primer volumen de las *Instituciones de cálculo diferencial e integral, con sus aplicaciones principales a las matemáticas puras y mixtas,* obra con la que intentaba superar la escasez de este tipo de literatura en castellano. Entre 1803 y 1808 Valencia fue uno de los escenarios de los trabajos geodésicos realizados por André Mechain, Biot y Aragó para prolongar la medida del meridiano de París hasta las Baleares. Chaix fue nombrado en 1806, junto con José Rodríguez González, para colaborar con Mechain en esta operación. En 1807 publicó una *Memoria sobre un nuevo método general para transformar en series las funciones transcendentales,* con la que introdujo este tema en la cultura científica española. [VNB]

Charots, Felipe y Pedro. Maestros mecánicos franceses que ganaron el concurso al mejor proyecto para crear una escuela de relojería en Madrid, organizado por la Real Junta de Comercio y Moneda. El 28 de noviembre de 1771 comenzó a funcionar dicha escuela hasta que, siete años más tarde, Bernar-

do de Iriarte, socio de la Económica Matritense y juez protector del arte de relojería, examinó su labor. Tras su informe positivo, una Real Cédula de 6 de marzo de 1781 aprobó un nuevo convenio con los Charots por un período de catorce años. La escuela estuvo ubicada entre las calles de Fuencarral y Barquillo entre 1771 y 1803. Los hermanos Charots participaron como jueces en los concursos de relojería organizados por los Amigos del País, a quienes enviaron varios memoriales sobre el fomento de su arte, como el *Tratado Methódico de Reloxería Simple,* que fue editado por la Junta de Comercio y Moneda en 1795. [AMR]

Chavaneau (Chabaneau-Chavaneux), François (Notrón, Francia 1754 – ¿?, Francia, 1842). Químico. Estudió química en París. En 1777 fue contratado por el Seminario Patriótico de Vergara, que pretendía formar un cuadro de reputados profesores, para impartir clases de física y de francés, aunque posteriormente se le encargaron también las enseñanzas de química. En Vergara perfeccionó un método para purificar la platina (como entonces era denominado el platino), importante tarea en la que fue ayudado por Fausto de Elhuyar. Criticado, al igual que otros profesores foráneos, por la falta de efectividad de sus enseñanzas a medio y largo plazo, la realidad es que no había interés entre los alumnos, que preferían otras vías más cómodas y rápidas para su promoción social. La fama debida a su trabajo con el platino catapultó a Chavaneau hasta Madrid para dirigir un laboratorio de química que financiaba la Secretaría de Hacienda y que funcionaba en paralelo con otro similar patrocinado por la Secretaría de Estado, lo que da idea de la descoordinación y dispersión de esfuerzos. En 1793 publicó sus *Elementos de Ciencias Naturales*, que fue seleccionado como texto para el Instituto que Jovellanos había fundado en Gijón. [SVT]

Churriguera, Alberto de (Madrid, 1676 – ¿Orgaz?, Toledo, 1750). Arquitecto. Perteneció a una familia de arquitectos y retablistas; entre ellos, sus hermanos José Benito (Madrid, 165-1725) y Joaquín (Madrid, 1674-Salamanca, 1724), que trabajaron en Madrid, en Salamanca y en el complejo fabril de Nuevo Baztán (Madrid). La arquitectura de Alberto evolucionó desde el barroco "castizo" hasta un lenguaje más renovado y rococó. Colaboró con su hermano José Benito en el retablo de la iglesia de San Sebastián de Madrid, y terminó el colegio mayor de Calatrava de Salamanca, proyectado e iniciado por su hermano Joaquín. También construyó la sacristía y el coro de la catedral de Salamanca (1724); en 1729 proyectó el cuerpo superior de la fachada herreriana de la catedral de Valladolid; y en 1731 la iglesia de San Sebastián de Salamanca. Su gran realización fue la Plaza Mayor de Salamanca (1728-1755), que proyectó por encargo del corregidor Rodrigo Caballero. De planta rectangular, con edificios de tres pisos sobre pórticos, fue concebida como un espacio de representación política y festivo, para concentraciones y espectáculos ciudadanos. El Pabellón Real preside la plaza y, frente a él, el Ayuntamiento, ejecutado por García de Quiñones, que terminaría el conjunto. [AAN]

Churruca y Elorza, Cosme Damián (Motrico, Guipúzcoa, 1761 – Trafalgar, 1805). Marino y cartógrafo. Se graduó como alférez de fragata en 1778, en la Escuela Naval de El Ferrol. Con los paquebotes *Santa Casilda* y *Santa Eulalia* participó en la segunda expedición científica al estrecho de Magallanes (1788-1789), para tratar de mejorar la información sobre su utilidad como vía de entrada al Pacífico, en particular para acceder a Lima. Participó en el levantamiento de cartas marinas, vistas de las costas y planos de puertos, y en la observación de las corrientes, publicándose sus trabajos en 1793. En 1789 fue agregado al Observatorio de Cádiz, y dirigió un par de años después una expedición hidrográfica que debía realizar los trabajos para reformar el atlas marítimo de la América septentrional. Estableció su base de operaciones en la isla de Trinidad, fijando el primer meridiano de América en el puerto de San Andrés. Sus resultados fueron publicados en *Carta Esférica de las Antillas y la particular geométrica de Puerto Rico* (1802). Siendo comandante del *Príncipe de Asturias,* escribió un tratado sobre punterías para la artillería de Marina editado en 1805. En colaboración con el que sería teniente general de la Armada Antonio de Escaño (h. 1750-1814), revisó el *Diccionario de Marina.*

Churruca falleció en el combate del cabo Trafalgar, donde estuvo al mando del *San Juan de Nepomuceno.* [MSS]

Císcar y Císcar, Gabriel (Oliva, Valencia, 1760 – Gibraltar, 1829). Marino, físico-matemático y político. Ingresó en 1777 en la Academia de Guardias Marinas de Cartagena, donde entre 1785 y 1789 dirigió el Curso de Estudios Mayores, y de la que fue nombrado director en 1788. Redactó libros de texto sobre aritmética, cosmografía y trigonometría esférica, así como un *Curso de Estudios elementales de Marina* (1803), declarado obligatorio en todas las escuelas de navegación del país en 1805 y de la que se hicieron varias ediciones hasta 1873. En 1793 publicó una nueva edición del primer tomo del *Examen marítimo* de J. Juan, en el que insertó anotaciones y adiciones que prácticamente equivalían a un nuevo tratado. También propuso un procedimiento gráfico para simplificar los cálculos en el método de las distancias lunares para la determinación de la longitud geográfica en el mar. En 1798 viajó a París para participar en la elaboración del Sistema Métrico Decimal, sobre el que publicó sendas obras en 1800 y 1821. Liberal moderado, llegó a ser miembro del Consejo de Regencia. Perseguido por el gobierno de Fernando VII tras el pronunciamiento liberal, fue condenado a muerte, refugiándose en Gibraltar. [MSG]

Clemente y Rubio, Simón de Rojas (Titaguas,Valencia, 1777 – Madrid, 1827). Botánico. En 1800 y 1801 impartió clases de árabe, botánica, mineralogía y química en el Colegio de San Isidro de Madrid. Estableció relación con Casimiro Gómez Ortega y con Mariano Lagasca, con el que comenzó a colaborar, publicando una *Introducción a la Criptogamia española* en 1802. Durante los dos años siguientes, y gracias a los medios que le facilitó Godoy, Clemente recorrió Andalucía para escribir una historia natural del reino de Granada; parte de este trabajo fue publicada en el *Ensayo sobre las variedades de la vid común que vegetan en Andalucía* (1807) y en algunos artículos en el *Semanario de Agricultura y Artes*. Sin embargo, el grueso de los materiales fue depositado en el Jardín Botánico, donde permaneció inédito hasta fechas recientes. Participó en el establecimiento del Jardín Experimental de Sanlúcar de Barrameda, en lo que colaboró con Esteban Boutelou. En 1814 volvió a Madrid a ocupar la plaza de bibliotecario del Jardín Botánico. Junto con Lagasca, se responsabilizó de la edición crítica de la *Agricultura general* de Gabriel Alonso de Herrera, impulsada por la Sociedad Económica Matritense (1818). [VCC]

Constanzó, Miguel (Barcelona, 1739 – México, 1814). Ingeniero militar. Ingresó en el Cuerpo de Ingenieros en 1762. En 1764 fue enviado a Nueva España, donde recibió orden de trasladarse al puerto de San Blas en Nayarit, para participar en la expedición que iba a tomar posesión de Monterrey y construir un presidio. Levantó mapas de la costa de Baja California y marchó luego a la Alta California, en la expedición al mando de Gaspar de Portolá. Durante el viaje elaboró cartografía de la costa y del territorio, diversos planos y la descripción del recorrido. En 1771 estaba en México, donde se le encargaron, entre otras obras, la ampliación de la Casa de la Moneda, el Hospital General de San Andrés, la Fábrica de Tabacos y la fábrica de pólvora de Santa Fe. En 1776 proyectó la reconstrucción del castillo de San Diego en Acapulco y al año siguiente realizó un mapa de parte del reino de Nueva España. Intervino en el diseño y construcción de la fábrica real de pólvora en México y en el proyecto del jardín botánico (1789). En la última década del siglo desarrollaría una gran actividad: iglesia de San José, biblioteca de la Catedral de México, convento de La Encarnación, participación en las obras del Desagüe, abastecimiento de agua a Veracruz. Desde su fundación en 1783 sería profesor de la Real Academia de San Carlos de México, actuando también desde 1790 como consiliario de la institución, lo que le dio un papel destacado en la aprobación de las principales obras que se realizaron en Nueva España. En 1797 participó en el levantamiento geodésico para servir un proyecto de defensa militar de la Nueva España. Alexander von Humboldt tuvo contactos con él y, con autorización de sus superiores, utilizó materiales de Constanzó; así, la carta levantada en 1797 sería la base de la lámina IX del *Atlas de*

la Nouvelle Espagne de este autor. Constanzó fue uno de los más destacados representantes de la Ilustración hispana en América. [HCS]

Cónsul Jove y Tineo, Francisco (Santa María de Narzana, Oviedo, 1754-1810). Agrónomo. Estudió medicina en la Universidad de Santiago de Compostela, en cuya Sociedad Económica enseñó física experimental. También fue miembro de las económicas de Lugo y Oviedo. Defendió el sistema de cultivo propuesto por Tull, adaptándolo a las características de Galicia y Asturias (*Memoria sobre el conocimiento de las tierras y método de cultivarlas*, Santiago, 1786), e hizo una clasificación de los suelos según sus características físicas, proponiendo el uso de diferentes abonos (*Memoria físico-económica sobre el mejoramiento de los lienzos en Galicia*, Madrid, 1794). En su *Ensayo sobre la hidráulica rústica* (Santiago, 1788) describía máquinas y sistemas de elevación y transporte del agua para riego. [JCP]

Corachán, Juan Bautista (Valencia, 1661-1741). Matemático, físico y astrónomo. Se graduó en artes y doctoró en teología. Asistió a las tertulias y academias valencianas de finales del siglo XVII, siendo uno de los principales miembros, junto con Tosca y Baltasar de Íñigo, de la Academia de Matemáticas que comenzó a funcionar, hacia 1687, en casa de este último. En 1696 obtuvo la cátedra de matemáticas de la Universidad de Valencia, que desempeñó hasta 1720. En 1699 publicó una *Arithmética* de gran valor didáctico, en la que destaca el uso, pionero en España, de la notación decimal moderna. Dejó alrededor de 50 volúmenes manuscritos, que constituyen un inapreciable testimonio del esfuerzo desarrollado por Corachán para incorporar y difundir las nuevas corrientes filosóficas y científicas en el ambiente valenciano. En uno de estos manuscritos, *Avisos del Parnaso* (1690), figura el primer intento de traducción castellana del *Discurso del método* de Descartes. [VNB]

Croix y Vidal, Joaquín de la (El Ferrol, 1759 – Valencia, 1836). Marino, ingeniero de la Marina, científico y publicista. Como marino recorrió todo el escalafón de la Armada, hasta llegar a jefe de escuadra y mariscal de campo (1825 y 1826). Investigó sobre el método de blanquear lienzos, que desarrolló con la creación de una instalación fabril de blanqueo. Se ocupó también del ácido sulfúrico y emitió un informe sobre su consumo en España, así como otros por encargo de la Sociedad Económica Valenciana, de la que fue socio desde 1793. En 1788 fue nombrado ingeniero de marina; en 1809, comandante de ingenieros en La Carraca; y en 1822, comandante general interino de ingenieros de marina. Esto le llevó a preocuparse por la conservación de los montes, tema al que dedicó en 1800 una *Memoria que contiene la indicación de los montes del Reyno de Valencia; clase, calidad, uso y abundancia o escasez de sus maderas: ríos y carreteras que facilitan su extracción: causas de la decadencia de los bosques de este reino, medio para evitar y asegurar su permanencia*, presentada a la Sociedad Económica valenciana y que le hizo acreedor de la medalla de oro de la entidad. En 1813, en Cádiz, participó en la Comisión de Constitución militar. En 1814 fue fiscal del Almirantazgo y en 1824, miembro del Consejo de Guerra. [VCC]

Díaz Gamones, José. Arquitecto documentado entre 1764 y 1781. Director desde 1764 de las obras del Palacio de Riofrío, con proyecto de Virgilio Ravaglio. Tres años más tarde trazó la nueva calle de Infantes en la población del Real Sitio de San Ildefonso, en la que proyectó el gran paralelepípedo rectangular, con tres patios internos, que conforma la Casa de Infantes. Aparejador de las obras de este Real Sitio, en 1770 se ocupó de la alineación de la nueva calle de la Reina, eje principal del barrio bajo, así como de un nuevo proyecto para la Casa de Postas. Su obra más importante en el Real Sitio fue el proyecto para la nueva Real Fábrica de Cristales Planos, que firmó en esa misma fecha. Dirigió las obras del Palacio de Gentiles Hombres de Cámara, realizó dos fuentes, casas en la población y el proyecto de la Puerta de la Reina, en la cerca del Real Sitio. [ARY]

Díaz Infante, José. Metalurgista y químico activo en la primera mitad del siglo XVIII. Su vida giró en torno a las fundiciones de artillería. En la década de 1730 trabajó en la fábrica de artillería de Sevilla, donde ayudó a las fundiciones, refinos y ensayos que practicaban el teniente general Benque y el coronel García Campana. Entre 1738 y 1740 permaneció en la fábrica de Barcelona, tras lo que fue destinado a Mallorca como comisario extraordinario de artillería y habilitado de Estado Mayor. En 1752 se trasladó a Cádiz como profesor de técnicas artilleras en la Academia de Guardiamarinas; allí participó en la tertulia que desde 1755 se reunía alrededor de Jorge Juan. Es conocido por su obra *Pirometalia absoluta o arte de fundidores*, donde trata de la explotación de las minas de cobre y de estaño y del tratamiento de estos metales, y compara la calidad de los cobres de Indias con los de Suecia, así como la fabricación de cañones; lleva aneja una curiosa censura del fraile Luis de Flandes en la que compara la doctrina de los minerales de Díaz Infante con el sistema analítico y sintético del caos de Ramón Llull. [JSG]

Díez Navarro, Luis (Málaga, 1692 – Guatemala, 1780). Ingeniero militar. En 1720 ingresó en el Cuerpo de Ingenieros, siendo destinado a las obras de fortificación y puerto de Cádiz. En 1727 participó en el sitio de Gibraltar, y trabajó también en Orán. En 1730 pasó a Nueva España, donde trabajó en la reparación del puerto de Veracruz, la construcción de la Casa de la Moneda y la limpieza de los ríos que rodeaban México, así como en la construcción de la nueva villa y templo de Guadalupe. En 1740 dirigía las obras del Hospital Real de Indios de México. Intervino en las obras de la iglesia de Santa Brígida. Al año siguiente, como ingeniero ordinario, trabajó en las obras de la casa de los virreyes en Huahuetoca y en el Desagüe del valle de México. Fue nombrado visitador de los Presidios del Reino de Guatemala y propuso la fortificación del puerto de Omoa, de la cual fue encargado. Realizó descripciones e informes de Guatemala y Costa Rica, y reconoció el río de San Juan en Nicaragua. En 1755 diseña y dirige las obras del palacio, casa de la moneda y cárcel de la ciudad de Guatemala, y es nombrado para dirigir la fortaleza del puerto de San Fernando de Omoa. En 1766 era ya ingeniero director. Participó en los debates para la construcción de la nueva capital guatemalteca tras el terremoto de 1773. [HCS]

Dowling, Juan (act. 1760-1780). Maquinista y metalúrgico nacido en Irlanda. Trasladado a España gracias a los interesantes salarios y condiciones de trabajo que se le ofrecieron, recaló en la Real Fábrica de Cristales de San Ildefonso, donde trabajaron técnicos de catorce nacionalidades distintas. Dowling llegó a dirigir la fábrica de acero y limas de San Ildefonso, autotitulándose «Ingeniero Hidráulico por su Magestad de las Fábricas de reyno, Director de las de Limas, Herramientas y Acero en el Real Sitio de San Ildefonso». Desarrolló una técnica para la fabricación de acero que superó al parecer a la de Réaumur. Dowling comunicó la superioridad de su método a la Sociedad Vascongada de Amigos del País, que le envió muestras de hierro para que lo transformara. Las muestras de acero que obtuvo fueron apreciadas por la Vascongada, tanto por su calidad como por su menor coste de fabricación; sin embargo, no se llegó a establecer un acuerdo de colaboración. Por otro lado, entre las fases críticas de la fabricación de vidrios planos de gran dimensión se encontraban el desbaste y el pulimento, que requerían mucha mano de obra. Dowling, siguiendo una aproximación iniciada en 1745 por Pedro Fonvila, que construyó para ello una máquina hidráulica, diseñó y montó en 1763 una mejorada, denominada "máquina de agua". Estuvo alojada en un edificio externo al complejo manufacturero, a las orillas del río Cambrones. Según Pons, hacía el trabajo de 47 hombres. La *Encyclopédie* la describió en *L'Art du Verre,* con una planta, dos secciones-alzado y una perspectiva. [MSS]

Echeandía y Jiménez, Pedro Gregorio (Pamplona, 1746 – Zaragoza, 1817). Botánico, farmacéutico y agrónomo. Estudió farmacia en el Colegio de San Cosme y San Damián de Pamplona y ejerció de boticario en Zaragoza, donde presidió el Colegio de Farmacéuticos. Fue uno de los fundadores (1776) de la Sociedad Económica Aragonesa de Amigos del País y del Jardín Botánico de Zaragoza,

siendo nombrado en 1796 catedrático de botánica de esta institución. La actividad docente fue interrumpida durante la Guerra de la Independencia, reanudándose en 1814. También perteneció a la Sociedad Económica de Sevilla y fue corresponsal de los jardines botánicos de Madrid y Montpellier. Inventarió la flora de Aragón coleccionando un herbario de 800 especies que no pudo publicar por razones económicas. Posteriormente, en 1861, una parte fue editada por Manuel Pardo Bartolini bajo el título de *Flora cesaraugustana y curso práctico de Botánica*. En el campo agronómico investigó y aclimató el cultivo del sésamo, el cacahuete y la patata, que introdujo en la región. Publicó *Memoria sobre el maní de los americanos* y *Del cultivo del cacahuete* (Zaragoza, 1800) sobre el que realizó diversos experimentos demostrando la alta proporción de aceite que contenía y recomendando su cultivo. [JCP]

Elhuyar, Fausto de (Logroño, 1755 – Madrid, 1833). Mineralogista, metalurgista, químico. Uno de los más notables científicos españoles de su siglo. Estudió química en París con Rouelle (1772-1777), y con Abraham Werner en la más destacada escuela minera del momento, la de Freiberg, en Sajonia (1778-1781). Entre 1782 y 1785 ocupó la cátedra de mineralogía de la Real Escuela Metalúrgica aneja al Seminario de Vergara, lo que le permitió trabajar junto a su hermano Juan José en los experimentos que condujeron al aislamiento del tungsteno (*Análisis químico de volfram y examen de un nuevo metal que entra en su composición*, 1783). Colaboró con Chabaneau en el estudio del platino. Cuando, en 1785, se conoció en España el procedimiento de amalgamación de Von Born, fue comisionado para viajar a Austria y Sajonia para estudiarlo, lo que hizo en Freiberg (1787-1788), publicando sus resultados. En 1786 había sido nombrado director general del Cuerpo de Minería de Nueva España, hacia donde partió cuando se produjo la visita de la expedición germana presidida por Sonneschmidt. Ello le permitió ser el primero en determinar que el procedimiento alemán era en esencia el de Barba y que, al igual que éste, era menos adecuado que el usual del patio. Ensayó allí las bombas de columnas de agua y otras novedades centroeuropeas. Pero sobre todo fue el creador del Real Seminario de Minería de la ciudad de México en 1792, la primera escuela de enseñanza de minería y metalurgia moderna de América, estructurada sobre la más avanzada del mundo, la de Freiberg. Elhuyar volvió a España en 1821 y obtuvo el cargo de director general de Minas. Su obra más conocida hace referencia a Nueva España: *Indagaciones sobre la amonedación en Nueva España* y *Memoria sobre el influjo de la Minería en la Agricultura, Industria, Población y Civilización de la Nueva España en sus diferentes épocas.* [JSG]

Elhuyar, Juan José de (Logroño, 1754 – Bogotá, 1796). Mineralogista, metalurgista, químico. Al igual que su hermano Fausto, estudió química en París con Rouelle entre 1772 y 1777. En 1778 partió como pensionado de la Real Sociedad Vascongada a la escuela minera de Freiberg para estudiar metalurgia y geología con Abraham Werner. En 1781-82 se trasladó a Uppsala, donde perfeccionó sus estudios de química. En Vergara, en colaboración con su hermano, realizó experimentos con el tungsteno. En 1783 los hermanos publicaron *Análisis químico de volfram y examen de un nuevo metal que entra en su composición*, informando del descubrimiento del wolframio. En 1786 fue designado director de Minas y enviado al virreinato de Nueva Granada para experimentar la difusión del procedimiento renovado de fundición como entonces se practicaba en Europa central, como una forma de disminuir la demanda de mercurio que se producía en América y frente a la que aparecían problemas de abastecimiento. Se instaló en Mariquita con el encargo de revitalizar sus minas y allí colaboró con José Celestino Mutis. Recibidas noticias del nuevo procedimiento de Von Born, se le ordenó ensayarlo, lo que hizo por primera vez en el Nuevo Mundo, siguiendo para ello las instrucciones que le envió su hermano. Su presencia en Nueva Granada se convirtió en un auténtico desperdicio de su talento, reducido a ver todas sus iniciativas frustradas por los funcionarios coloniales. [JSG]

Escofet y Palau, Juan de (Cadaqués, Gerona, 1720-1808). Ingeniero militar. En 1742 ingresó como cadete en el Regimiento de Infantería de Córdoba, y formó parte del ejército que intervino en

1743 en el norte de Italia, donde fue herido. Retornó a España en 1749 y en 1750 fue nombrado ingeniero extraordinario de los Ejércitos de S. M., destinado en el Principado de Cataluña, y nombrado para enseñar Matemáticas en la Academia de Barcelona, de la que fue profesor durante una década. Académico de número de la Academia de Buenas Letras de Barcelona (1754). En 1760 intervino en la construcción del nuevo camino real de Barcelona a Lérida y a Madrid. Tuvo una amplia experiencia en ese campo y en obras hidráulicas. En 1768, siendo ya teniente coronel e ingeniero en segunda, trabajó en Valencia en la acequia real y en Lorca en proyectos de encauzamiento del Guadalentín y abastecimiento de agua a la ciudad y sus campos. En 1774 fue adscrito al Ramo de Caminos, destinado en obras hidráulicas en Murcia. En 1780 actuó en las fortificaciones, ciudad y puerto de Santander, y en los años siguientes fue comisionado para reconocer las obras del canal de Huéscar (para el trasvase de las aguas del Castril y Guardal a Lorca y Cartagena) y la real acequia de Albolote, para riego. Miembro de la Academia de Ciencias de Barcelona desde 1790, en 1791 ascendió a mariscal de campo, destinado a San Fernando de Figueras. [HCS]

Espinosa y Tello, José de (Sevilla, 1763 – Madrid, 1815). Marino y cartógrafo. Ingresó en la Armada como guardiamarina en 1778. En 1783 participó en la comisión encabezada por Tofiño para el cartografiado de las costas peninsulares. Después se reunió en Acapulco con la expedición comandada por Malaspina, acompañando un envío de instrumentos científicos e interviniendo en el reconocimiento del estrecho de Juan de Fuca. En 1797 fue nombrado director de la Dirección de Hidrografía y en 1807 ocupó el cargo de secretario del Almirantazgo. [MSG]

Eximeno y Pujades, Antonio (Valencia, 1729 – Roma, 1808). Matemático, musicólogo y literato. Estudió en el Seminario de Nobles de San Ignacio de Valencia e ingresó en la Compañía de Jesús a los dieciséis años. Enseñó retórica en el Seminario y matemáticas en el Colegio de San Pablo, y hacia 1763 tenía, al parecer, escrito un *Tratado de matemáticas* que no se llegó a publicar y que incluía, además de álgebra y geometría, cálculo infinitesimal y mecánica racional. En 1764, al quedar reunidas las escuelas de artillería de Cádiz y Barcelona en una sola que se estableció en Segovia, merced a la decidida recomendación de Sabatini al Conde de Gazola, Eximeno fue nombrado "profesor primario" (director de estudios) del centro. Tras la expulsión de los jesuitas se trasladó a Italia, abandonando la Compañía y convirtiéndose en destacado y polémico musicólogo. Además de los resultados de la observación del paso de Venus por el disco solar, realizada en colaboración con Christian Rieger, Eximeno publicó *De studiis Philosophicis et Mathematicis instituendis* (1789) e *Institutiones Philosophicae et mathematicae* (1796), obras que tratan de diversas cuestiones de teoría del conocimiento y de fundamentación de la matemática, incluidos temas como la extensión y el continuo, el infinito y el infinitésimo, el irracional, los fundamentos de la geometría, los imaginarios y los logaritmos. En la teoría del conocimiento, Ximeno se orientó hacia el sensualismo de Bonnet y Condillac. [VNB]

Feringán Cortés, Sebastián (Báguena, Teruel, 1700 – Cartagena, 1762). Ingeniero militar. Trabajó en Barcelona a las órdenes de Verboom. En 1728 fue destinado a las obras del puerto de Cartagena, y realizó allí lo esencial de su actividad. Sustituyó a Alejandro de Retz en la dirección de las obras del arsenal y realizó gran número de obras civiles en Cartagena (conducciones de agua, desvío de ramblas y protección frente a avenidas, proyecto general de la ciudad), en Murcia (canal del Reguerón, cimentación de la fachada de la catedral) y en el campo de Lorca (informe sobre el proyecto del canal de Lorca en 1742, cálculo del caudal de la fuente de Archivel). En 1748, junto con Antonio de Ulloa, elabora el plan definitivo del arsenal de Cartagena, dirigiendo todas las obras posteriores, hasta su muerte. También proyectó obras en Murcia, como el castillo y puerto de Águilas. Fue uno de los grandes especialistas en ingeniería hidráulica del XVIII y como tal realizó informes y proyectos sobre la acequia del Jarama, en los ríos Guadalfeo y Guadalquivir, puerto de Málaga y otros. Llegó a ostentar el grado de mariscal del Ejército. [HCS]

Fernández, Miguel (¿Madrid?, h. 1720/5 – Talavera de la Reina, Toledo, 1786). Arquitecto. A propuesta de la Junta Preparatoria de la Academia de San Fernando, fue pensionado en Roma (1747-1758), donde se formó con Vanvitelli. En 1757 fue nombrado académico de mérito de San Fernando y, de regreso a España, delineador de las obras del Palacio Real de Madrid. Se dedicó a la enseñanza de la arquitectura y en 1762 fue nombrado teniente-director de la academia, de la que fue director de Arquitectura y de Perspectiva (1774). Trabajó, a las órdenes de Francisco Sabatini, en el Palacio Real de Madrid, en el cuartel de Guardias Reales de Infantería de El Escorial y dirigiendo las obras de la iglesia de San Francisco el Grande de Madrid. Pero su gran proyecto, encargado por Carlos III, fue el convento e iglesia del Temple en Valencia, para la orden de Montesa (1761-1770). La iglesia, de un clasicismo italianizante deudor de Vanvitelli y de Fuga, está inspirada en el Gesù de Roma, e influyó en otras iglesias valencianas posteriores. [AAN]

Fernández de Medrano, Sebastián (1646-1705). Militar y matemático. Llegó a los Países Bajos en 1668 como alférez del tercio bajo el mando de D. Francisco Antonio de Agurto, Marqués de Gastañaga, bajo cuyo mando se aplicó al estudio de las matemáticas, en particular a la arquitectura militar y la geografía. Profesor y luego director de la Academia Militar de Bruselas, fundada en 1775 a instancias del Duque de Villahermosa, gobernador de Flandes, fue nombrado capitán de una compañía de infantería, aunque dedicado a sus tareas docentes. En 1677, en la dedicatoria de los *Rudimentos Geométricos*, Fernández de Medrano alude a las iniciativas para la creación de academias militares en varios países europeos, y señala que, «aunque algunos han calumniado a los españoles de poco inclinados al estudio de las matemáticas, añadiendo haber sido ésta la causa de no haberse instituido antes en estos Países, la experiencia enseña lo contrario, pues en dos años que yo continúo este ejercicio he visto muchos, y entre ellos oficiales de su posición que se han aplicado». Según él mismo, hubo unos 4.000 alumnos que recibieron enseñanzas en el centro hasta 1702, aunque fueron pocos los que alcanzaron un elevado nivel de conocimientos. Entre las obras más destacadas que escribió para la Academia se encuentran los *Rudimentos geométricos y militares* (Bruselas, 1677), *El práctico artillero que enseña el uso de la artillería* (Bruselas, 1680), *El perfecto bombardero y práctico artificial* (Bruselas, 1691), *El ingeniero* (Bruselas, 1687, convertido luego en *El Architecto perfecto en el arte militar*, 1700 y 1708), *Los seis primeros libros, onze y doze de los elementos geométricos de Euclides* (Bruselas, 1689 y 1701; Amberes, 1728) y el *Tratado del ataque y defensa de una plaza real y todo en verso* (Bruselas, 1698, a partir del libro IV de *El ingeniero*). También publicó obras de geografía, principalmente la *Breve descripción del Mundo y de sus partes* (Bruselas, 1686). Entre sus discípulos y colaboradores se encuentra Jorge Próspero de Verboom. [HCS]

Fernández Vallejo, José Manuel (activo 1797-1807). Agrónomo. Sacerdote miembro de las sociedades económicas de Cantabria, Madrid y Valencia. Escribió artículos para la Sociedad cántabra y tradujo la obra de Adam Fabroni sobre el *Arte de hacer el vino para la Lombardía* (Madrid, 1807). Defendió la cría de gusanos de seda en la provincia, contrariamente a la opinión del agrónomo Vicente Ferrer Gorraiz (*Cosecha de la seda en la costa de Cantabria*, Madrid, 1797), así como el cultivo de prados artificiales y su uso como forraje para el ganado (*Prados artificiales*, Madrid, 1797). Propuso la creación de una escuela práctica de agricultura para los miembros de la Sociedad cántabra, que podrían así difundir los nuevos métodos a los agricultores de la región (*Plan de una Escuela práctica de Agricultura*, Madrid, 1804). Modificó el arado tradicional para mejorar la profundidad de las labores (*Nuevo uso del arado común para labores profundas,* Madrid, 1806). [JCP]

Ferrer y Cafranga, José Joaquín (Pasajes de San Juan, Guipúzcoa, 1763 – Bilbao, 1818). Comerciante y astrónomo. Estudió en Londres matemáticas y astronomía. Se trasladó a Lima y a Estados Unidos, donde se dedicó al comercio. Miembro de la Sociedad Filosófica de Filadelfia (1801), en cuya revista publicó diversas memorias, en 1814 se le nombró socio correspondiente del Instituto de

Francia. Entre 1776 y 1807 envió trabajos al Depósito Hidrográfico de Madrid. Se le ofreció la dirección del Observatorio de San Fernando, cargo que declinó, si bien colaboró en la elaboración de un nuevo plan de tareas. Fue miembro de la Real Academia de la Historia, la Real Sociedad Vascongada y la Real Sociedad Económica de Cádiz. Como astrónomo, realizó determinaciones geográficas de posición de los lugares por donde pasaba, así como de los acontecimientos celestes más importantes, entre ellos el eclipse de sol del 16 de junio de 1806. En esta ocasión señaló que la aureola que se observaba alrededor de la luna no correspondía a la atmósfera de ésta, sino a la del sol. Mantuvo correspondencia con figuras destacadas de la época, como Lalande, Delambre, Arago, Laplace y Von Humboldt, así como con marinos españoles vinculados al desarrollo de la astronomía náutica, como Dionisio Alcalá Galiano y José de Mazarredo. [MSG]

Figueroa, Leonardo de (Utiel, Valencia, h. 1650 – Sevilla, 1730). Arquitecto; el más importante del pleno barroco y del incipiente rococó en Sevilla. Desarrolló una arquitectura de gran ornamentación y elegancia, que utilizaba el ladrillo rojo en exteriores como material constructivo y decorativo. Intervino en el Hospital de los Venerables Sacerdotes a partir de 1687, en concreto en la fachada de la iglesia y en el claustro; en la iglesia y claustro del convento de San Pablo (1691-1709), tras el hundimiento de la iglesia, en cuyo interior hizo uso de una gran riqueza y variedad ornamental; en las bóvedas y cúpula de la iglesia del Salvador (1696-1711); y en la de San Luis (1699-1731). Su obra de más trascendencia fue la iglesia, el patio central y la fachada principal del Colegio de San Telmo de Sevilla (1722-1735), hoy sede de gobierno de la Junta de Andalucía, y en origen dedicado a la enseñanza de niños huérfanos. La movida portada, una de las obras maestras del pleno barroco español, resulta muy escenográfica, con pares de columnas de fuste decorado, entablamentos ondulantes y frontón de remate mixtilíneo. Su balcón rehundido y el nicho aéreo del cuerpo superior, conteniendo la estatua de San Telmo, refuerzan el dinamismo del conjunto. [AAN]

Galobardas, Juan Bautista (segunda mitad del siglo XVIII – primera mitad del siglo XIX). Oficial del Ministerio de Marina y teniente visitador de los corregimientos de Manresa y Vic. Autor de un *Compendio sobre el modo de sembrar, plantar, criar, podar y cortar toda especie de árboles, con su descripción y propiedades, para la conservación y aumento de los montes y arbolado*, publicado en 1817, en el que recoge su experiencia en materia de montes como visitador de Marina. También desarrolló alguna labor cartográfica, como el croquis que en el mismo año trazó para delimitar los corregimientos Valle de Arán, Talarn, Puigcerdá, Manresa, Vic y Cervera. En 1821 recibió el encargo de realizar el estudio para determinar los límites provinciales a proponer en el proyecto que Diputación de Cataluña presentó a las Cortes españolas. En 1831 publicó el folleto *Cataluña en la mano*, con informaciones estadísticas relevantes. [VCC]

Gamboa, Francisco Javier (Guadalajara, virreinato de Nueva España, 1717 – México, 1794). Jurista, mineralogista, metalurgista. Estudió en el Colegio de San Ildefonso de la capital virreinal y en su Universidad. En 1755, el Consulado de Nueva España lo designó para pasar a la Corte a representarlo en diversos negocios, estancia que aprovechó para el estudio de cuestiones relacionadas con la minería con el cosmógrafo y profesor Christian Rieger. De regreso a Nueva España se convirtió en el principal abogado del país en cuestiones mineras, además de alcalde del crimen, oidor y regente de la Audiencia de Santo Domingo, donde redactó el *Código negro* para regular la posesión de esclavos. Su obra más destacada es *Comentarios a las ordenanzas de minas*, que no se limita a abordar cuestiones jurídicas, sino que trata temas de economía minera, medidas de minas y forma de levantar planos de las labores con los más modernos instrumentos, beneficio de minerales argentíferos por fundición y por mercurio, su ensayo, etc. [JSG]

Garay, Juan de. Artillero e ingeniero de origen español, activo en la primera mitad del siglo XVII. Formaba parte del grupo de ingenieros del I Marqués de Leganés en Milán. En 1636, como maestre de campo general, mandó tropas en la Valtelina. Participó en los proyectos de fortificación de la Lombardía y en 1638 fue nombrado capitán general de la Artillería de Milán. En 1639 fue enviado, junto con Juan de Médicis, a proyectar diversas fortalezas en Sicilia y Malta. Su proyecto de 1639 para el fuerte que luego se llamaría de Ricasoli mereció la aprobación del Conde de Pagan cuando éste visitó Malta pocos años más tarde. En 1640 partió de Palermo hacia Barcelona, participando en las guerras de Cataluña y Portugal. [FCG]

Garcés y Eguía, José (Nueva España, ? – México, 1824). Jurista, metalurgista, químico. Destacó por sus conocimientos en minería y metalurgia, ramo en el que fue perito facultativo de minas. Con su experiencia como empresario minero, introdujo varias mejoras en la metalurgia de la plata. Es conocido sobre todo por su obra *Nueva teórica y práctica del beneficio de los metales de oro y plata por fundición y amalgamación*, tratado sobre metalurgia que se considera el más importante de los publicados en América después del de Alonso Barba y que recoge una descripción exhaustiva del procedimiento de Medina, con todas las modificaciones que se habían añadido desde mediados del siglo XVI. Al igual que Sonneschmidt, Garcés afirma que el método original de Medina había alcanzado la perfección casi desde un principio y critica el procedimiento tal como lo practicaba Barba –con adición de calor en cazos– por no ser rentable en las condiciones de las explotaciones americanas, lo que explicaría su escaso éxito. Además de algunas mejoras al procedimiento del patio, Garcés aportó una forma nueva de fundición basada en la adición como fundente del denominado "tequesquite", un carbonato de sosa natural que abunda en las cercanías de la ciudad de México. El procedimiento fue descrito en la *Gazeta de México* y reproducido en el *Correo Mercantil de España y sus Indias* en 1798. [JSG]

Garriga y Buach, Josep (Sant Pere Pescador, Gerona, 1777 – Elna, ?). Médico y químico. Estudió filosofía en la Universidad de Cervera, obtuvo el reconocimiento como farmacéutico del Real Protomedicato de Barcelona y en 1791 era agregado del Real Colegio de Boticarios de Madrid. Asistió a cursos de matemáticas y física experimental en el Colegio de Cirugía de Barcelona y se trasladó a Montpellier con una beca del Ayuntamiento de Gerona, donde fue discípulo de Jean-Antoine Chaptal y jefe de clínica durante dos años. En 1800 se licenció en medicina y fue secretario de una comisión de la Universidad de Montpellier que visitó Andalucía para estudiar una epidemia de fiebre amarilla. A partir de 1802 estuvo pensionado en Francia, Inglaterra y Alemania. Como resultado, Garriga y José María de San Cristóbal publicaron los dos primeros volúmenes (y únicos) de su *Curso de Química General aplicado a las artes*, considerado el primer manual de química original publicado en castellano. Garriga fue uno de los candidatos a la cátedra de química de Barcelona. Estando en Francia presentó varias memorias, como una de 1807 sobre el índigo que fue elogiada por Berthollet, Vauquelin y Gay-Lussac. Ingresó en la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona en 1808. Firmante de la Constitución de Bayona y director de las Manufacturas Reales por designación de José I (1809), fue nombrado comisario regio de Cataluña, pero relevado de su cargo en 1810. En 1814 salió de España y se instaló al parecer en Elna, donde murió. [ARR]

Garza, Francisco de la (Valdenoceda, Burgos, 1757 – Madrid, 1832). Ingeniero, mineralogista. Estudió matemáticas en Madrid y, en 1778, en la recién creada Real Academia de Minas de Almadén, la primera institución reglada de enseñanza de minería que hubo en España. Su vida permaneció ligada a la mina de mercurio castellana. En 1788 pasó a desempeñar provisionalmente la dirección de la mina en sustitución del ingeniero alemán Hoppensack. En 1796 asistió en la Corte al curso de química que dictaba F. Chavaneau y en 1797, en compañía de Diego de Larrañaga, viajó a Alemania, Sajonia, Tirol y Bohemia para estudiar los procedimientos de trabajo de sus minas. Pasaron por las minas

de mercurio de Idria, donde tomaron contacto con los sistemas de laboreo y hornos que allí se empleaban y que a su retorno a España, en 1800, introdujeron en Almadén. Realizó numerosas inspecciones y estudios de minas, como las de Almadenejos, las de carbón mineral de la cuenca del Guadiato o las de Guadalcanal. En Almadén contribuyó a la instalación de la primera máquina de vapor que funcionó en las minas del ámbito hispano. A pesar de su dedicación a la mina de mercurio, sólo en 1816 fue nombrado director propietario. Cuando se organizó por Elhuyar el Cuerpo de Ingenieros de Minas, Garza fue nombrado segundo inspector general. Realizó un trabajo con Diego de Larrañaga, Alejandro Vicente Ezpeleta y Juan Modesto Peringer sobre la amalgamación de la plata (*Observaciones y experimentos sobre el beneficio de las minas de plata por medio de la amalgamación*, 1801), en el que demostraron incorrecciones en la interpretación que hizo del proceso el barón Von Born, e hicieron hincapié en la formación de plata córnea, señalada ya antes por Fausto de Elhuyar. [JSG]

Gautier Audibert, François (Tolón, 1733 – París, 1800). Ingeniero de la Marina. Estudió en la Escuela de París e hizo su carrera en el Arsenal de su ciudad natal. Fue maestro del Príncipe Fernando de Parma y participó en la creación del Cuerpo de Ingenieros Constructores de Marina en 1765, siendo nombrado "Constructor en Jefe". Llegó a España en ese año a petición del Ministro de Asuntos Exteriores Jerónimo Grimaldi para, entre otros encargos, llevar a cabo la política de homogenización de las Armadas Reales, dentro del Tercer Pacto de Familia. Su primer destino fue el Arsenal de Guarnizo, donde se estaban construyendo seis navíos de 70 cañones que Gautier decidió cambiar por el sistema francés. Pasó luego a El Ferrol, donde redactó (1767) un informe muy crítico con los navíos que estaban en construcción y con el sistema empleado. En mayo de 1769 relevó a Jorge Juan y se adoptó el sistema francés. Con la creación del Cuerpo de Ingenieros fue nombrado ingeniero general. Aunque tenía el apoyo de González Castejón, gran parte de la Marina estaba en su contra. Las tensiones en las que realizó su trabajo fueron tan fuertes y sus encontronazos con otros cuerpos tan frecuentes y profundos, que en julio de 1774 presentó sus quejas a la Marina y solicitó «ser relevado de todos sus encargos». No obstante, hasta 1782 no se aceptó su solicitud de retiro. Regresó a Francia, donde se le ascendió a capitán de navío y director de construcción en Tolón; nombrado director de la Escuela de Constructores de la Marina (el 5 ventoso del año VII), murió al año siguiente. Además de su sueldo se le concedió una pensión secreta por los servicios prestados a la Corona francesa. [JSC]

Gaztañeta Iturrivalzaga, Antonio de (Motrico, Guipúzcoa, 1656 – Madrid, 1728). Marino y constructor naval. Desde los doce años salió a navegar, en viajes que le llevaron a Veracruz, Buenos Aires, Tierra Firme y Nueva España en diversas ocasiones. En 1684 pasó a la Armada Real del Océano en calidad de piloto mayor, para dirigir las derrotas de todas las fuerzas navales. Ya en 1682 se le había conferido el grado de capitán de mar. En 1702 fue nombrado superintendente general de los astilleros de Cantabria. Dirigió con toda pericia la construcción del galeón *Salvador*, del porte de 74 cañones, así como la de otros buques, por encargo del gobierno o del consulado de Sevilla. Mereció especial alabanza la construcción de los seis navíos de 60 cañones que se llevó a cabo en 1713 y los que hizo después para la carrera de Buenos Aires. Gaztañeta secundó la labor de Patiño. Hizo los planos de numerosos buques y redactó un reglamento de levas de marinería. Escribió, entre otras obras, *Arte de construir Reales* (1688), *Norte de la navegación hallado por el cuadrante de reducción* (Sevilla, 1692), *Cuadrante geométrico universal para la conversión esférica a lo plano, aplicado al arte de navegar* (1693) y *Proporciones de las medidas más esenciales para la fábrica de navíos y fragatas de guerra* (1720), aceptado como base para la construcción a partir de 1722. Fue el primero de los escritores náuticos españoles que trató de la corredera, explicando su construcción y uso. [JSC]

Gómez Ortega, Casimiro (Añover de Tajo, Toledo, 1740 – Madrid, 1818). Botánico. Estudió en Toledo, Madrid y Barcelona, siendo pensionado en Bolonia, donde se graduó en medicina y filosofía (1752); a su regreso obtuvo además el titulo de farmacéutico. A partir de 1771 estuvo al frente del Jar-

dín Botánico de Madrid, cuyo traslado a El Pardo dirigió. Contribuyó a introducir en España nuevos métodos de física y química y formó a un buen número de botánicos. Desempeñó un papel importante en la organización de expediciones científicas a América. Entre sus publicaciones destacan el *Curso elemental de botánica teórico-práctico* (1785), en colaboración con Antonio Palau, y las *Tabulae botanicae tournefortianae* (1773 y 1783), en las que adoptó el sistema de Tournefort por considerarlo de más fácil comprensión que el de Linneo, que, por otra parte, había contribuido a difundir en diversas obras. También fue importante su labor como traductor de las obras de contenido forestal de Duhamel de Monceau. Perdidos los amplios apoyos políticos de que siempre había disfrutado, tuvo que abandonar la dirección del Jardín Botánico en 1801, en que fue sustituido por Cavanilles. [VCC]

Graubner, Juan Jorge (Viena, 1736 – Riopar, Albacete, 1801). Técnico metalurgista, creó la primera fábrica de latón en España. En 1759 se estableció en Madrid con un privilegio que le permitía elaborar todo tipo de géneros de metal. En 1771, ante la escasez de latón, presentó un proyecto para establecer una fábrica de ese material. En 1773 logró instalar una fábrica junto a la mina de calamina descubierta poco antes en la Sierra de Alcaraz. Pero Graubner presentó a la Junta de Comercio una propuesta para ampliar el proyecto con otros cinco sectores: cinc, latón en plancha, alambres, quincallería y cobre en plancha, para lo que pidió al Consejo de Castilla un préstamo de 15.000 pesos; esta institución optó por buscarle un socio capitalista y en 1775 se constituyó una empresa mixta con el Ayuntamiento de Alcaraz, de la que Graubner era director técnico. Los experimentos generales de producción no tuvieron continuidad por falta de fondos, y las epidemias de tercianas estuvieron a punto de provocar la clausura definitiva del proyecto, por lo que el Consejo de Castilla transformó la fábrica en empresa estatal. Graubner siguió teniendo una influencia decisiva en la reconstrucción de su plantilla y en la configuración de la estructura productiva, que quedó fijada en cinco sectores: latón en barra, latón en plancha, alambres, cobre en plancha y cinc, cada uno de los cuales se consideró un establecimiento diferenciado, por lo que fueron conocidas como Reales Fábricas de San Juan de Alcaraz. Destacó a partir de 1789 la de cobre en plancha para forrar los cascos de los navíos, aunque la escasez de cobre americano a finales del siglo XVIII, a causa del bloqueo del comercio colonial, dio preferencia de nuevo a la producción de latón en barra. Las fábricas le sobrevivieron casi dos siglos. [JHQ]

Grunenbergh, Carlos de (activo h. 1668-1687). Ingeniero de origen flamenco que sirvió principalmente en España e Italia junto con su hermano Fernando. En 1668 construyó los fuertes de Santa Cruz en A Guarda y San Lorenzo de Goian, en la frontera de Galicia con Portugal. En 1673 estaba en Sicilia, donde realizó varios proyectos para Mesina y Augusta, principalmente. Desde Sicilia fue enviado a Malta en 1681 y 1687 para reforzar las defensas de la isla. [FCG]

Gutiérrez Bueno, Pedro (Madrid, 1745-1822). Químico y farmacéutico. Se formó en los Reales Estudios de San Isidro en Madrid. Ingresó en el Real Colegio de Boticarios y abrió una botica en 1777, trabajo que armonizó con diversas industrias químicas, como la fabricación en Cadalso de solimán, compuesto de cloruro mercúrico que tenía fines terapéuticos. Su primera publicación trataba sobre el análisis de aguas minerales. Fue discípulo de José Viera y Clavijo en las demostraciones sobre «aires fijos y gases» que se realizaron en el palacio del marqués de Santa Cruz. En 1787 fue profesor y director del Real Laboratorio de Química de Madrid, hasta que le sustituyó Louis Proust (1799). En 1801 tomó posesión de la cátedra de Química del Colegio de Cirugía de San Carlos, también en Madrid. Realizó consultas de tipo químico para el gobierno, incluyendo informes sobre traducción de libros, entre ellos el *Tratado elemental de Química* de Lavoisier. En 1788 escribió un curso de química y publicó la primera traducción del *Método de nomenclatura química* de Lavoisier, Guyton de Morveau, Fourcroy y Berthollet. Fue el químico español de más prestigio en la última década del siglo XVIII. Cultivó la denominada "química aplicada a las artes": análisis de aguas, dirección de una fábri-

ca de ácido sulfúrico cerca del Manzanares, de otra de blanqueo de tejidos en la Granja de San Idelfonso, etc. [ARR]

Gutiérrez Salamanca, Manuel. Capitán del Ejército, distinguido en la campaña de Gibraltar (1779-1782), sus trabajos como maquinista hicieron que la Económica Matritense le nombrara socio de mérito, encargándole en 1784 la realización y dirección de una Colección de Máquinas y Herramientas que se ubicó en la Real Casa de Desamparados de Madrid, siendo anterior, por tanto, al Real Gabinete de Máquinas del Buen Retiro. Dos años más tarde, el rey le concedió permiso indefinido en Madrid por la calidad de sus modelos, y en 1791 le nombró teniente coronel de Estado Mayor. En 1797, con motivo de la prevista partida de Betancourt a Cuba, que dejaba vacante la dirección del Real Gabinete de Máquinas de Retiro, el coronel Gutiérrez Salamanca aspiró a la dirección, pero sin éxito. Fue representante de la Matritense en la Junta del Jardín Botánico, examinador y comisionado para la inspección de todo tipo de maquinarias y herramientas. [AMR]

Haan, Ignacio (Alicante, 1756-Madrid, 1810). Arquitecto neoclásico. Ingresó en 1758 en la Real Academia de San Fernando, donde fue alumno de Pedro Arnal y de Sabatini. En 1779 marchó pensionado a Roma, donde estudió las ruinas y edificios de la Antigüedad. Volvió en 1786 y fue elegido académico de mérito de San Fernando. Traía un nuevo concepto de la arquitectura, marcado por la razón, que enlazaba con el de Juan de Villanueva, y que se presentaba como alternativa al barroco clasicista de los seguidores de Ventura Rodríguez. El cardenal Lorenzana, arzobispo de Toledo, se convirtió en su protector y le encargó obras como las iglesias de Pola y de Esquivias o el Hospital de Dementes de Toledo (1790-1793). Su gran empresa arquitectónica será la Universidad toledana (1792-1799), obra fundamental del neoclasicismo español, con su bello patio de columnas jónicas. También hizo obras en la catedral, entre ellas la Puerta Llana (1800), con fachada templaria de orden jónico, de bellísima ejecución. La marcha del cardenal Lorenzana en 1800 a Roma y su renuncia al arzobispado primado presionado por Godoy truncó la carrera de Haan. [AAN]

Hermosilla y Sandoval, José de (Llerena, Badajoz, h. 1720 – Madrid, 1776). Ingeniero militar y arquitecto. Tras estudiar filosofía y teología en la Universidad de Sevilla, marchó a Madrid e ingresó en el cuerpo de ingenieros militares. Trabajó como delineador en la construcción del Palacio Real, a las órdenes de Sabatini. El ministro Carvajal le envió pensionado a Roma, donde completó su formación como arquitecto (1747-1752) con F. Fuga, en el ambiente del clasicismo de La Arcadia. Fue director de Arquitectura de la Real Academia de San Fernando (1752-1756), pero, descontento, en 1756 reingresó en el cuerpo de ingenieros militares, donde llegó a capitán. Estuvo a las órdenes del conde de Aranda en el proyecto de reforma de las enseñanzas técnicas militares. Estudió el monasterio de El Escorial con el fin de proponerlo como modelo de una arquitectura "nacional" y en 1766, acompañado de Juan de Villanueva y Pedro Arnal, levantó los planos de la mezquita de Córdoba y de la Alhambra de Granada, a fin de recuperar el pasado arquitectónico islámico. Inició las obras del Hospital General de Madrid, en las que fue desplazado por Sabatini; y proyectó el Salón del Prado (1768) a las órdenes nuevamente de Aranda, entonces presidente del Consejo de Castilla. Hacia 1770 trazó los planos del Colegio mayor de San Bartolomé de Salamanca, conocido como de Anaya, con su hermoso frontis templario de incipiente neoclasicismo y patio vitrubiano. [AAN]

Herrgen, Cristiano (Maguncia, ? – Madrid, 1816). Geólogo, mineralogista. Llegó a España a finales del siglo XVIII y descubrió la magnesita de Vallecas, la venturina de San Fernando de Henares y otras especies minerales. En 1796 fue nombrado colector de minerales y fósiles del Real Gabinete de Historia Natural, tiempo en el que fue pensionado para asistir a las clases de química de Chavaneau. El director del Real Gabinete, José Clavijo Fajardo, propuso la creación del Real Estudio de Mineralogía y nombró director a Herrgen. Éste introdujo todas las nuevas materias que se enseñaban en Europa:

orictognosia, geognosia, minería y metalurgia. La parte práctica se realizaba en Almadén. Fue cofundador de los *Anales de Historia Natural,* la publicación periódica de su género más importante de la época. Su obra más importante es la *Descripción geognóstica de las rocas que componen la parte sólida del globo terrestre, extractada de varias obras alemanas de la Escuela de Werner y aumentada con observaciones hechas en la Península.* [JSG]

Hoppensack, Juan Martín (†Cazalla de la Sierra, Sevilla, 1815). Metalurgista, químico, ingeniero. Fue uno de los especialistas germanos que llegaron a España contratados por el Estado para introducir las innovaciones aplicadas en Europa central en la explotación minera y la metalurgia. Nombrado en 1784 director de la mina de Almadén, entonces la más importante de la Península, la Real Hacienda estipuló en su contrato que, además, debía impartir enseñanzas de geometría subterránea y minería práctica en la Academia de Minas que funcionaba en esa localidad. Hoppensack introdujo medidas de racionalización en la explotación y fue uno de los impulsores de la instalación de la máquina de vapor, primera que funcionó en una mina hispana. En 1796 se hizo cargo de la explotación –fallida– de las minas de Guadalcanal y Cazalla de la Sierra, de las que se creía posible resucitar su antiguo esplendor. Falleció sin haber logrado su objetivo. [JSG]

Hurtado de Mendoza, Pedro. Geógrafo activo en la segunda mitad del siglo XVII. En la dedicatoria a su obra *Espejo geográfico*, escrita en 1690, indica que desde su niñez sirvió a su mecenas, Gregorio de Silva y Mendoza, Duque del Infantado, Pastrana y Lerma y que estudió con los jesuitas. Revela un buen conocimiento de la geografía del Nuevo Mundo. Menciona a Bernhard Varenius a propósito de los límites septentrionales de América del Norte y muestra una información razonablemente buena sobre Groenlandia y las islas del Ártico. Acepta la teoría de Copérnico como hipótesis, reconociendo que no había ningún argumento que obligara a negar su posibilidad. Recogió la idea de Christian Huygens de utilizar la longitud de un péndulo simple con período de un segundo para definir una medida universal de longitud. Su obra muestra un apreciable nivel de conocimientos de las novedades científicas, que lo sitúa entre los impulsores de la renovación científica española en el último tercio del siglo XVII. [VNB]

Jiménez Coronado, **Salvador (Ciudad Real, 1747 – Jerez de la Frontera, Cádiz, 1813).** Astrónomo. Escolapio, cursó estudios de humanidades, ciencias, filosofía y teología, dedicándose a la docencia a partir de 1769. En 1772 se orientó hacia temas científicos, secularizándose posteriormente. Con el objetivo de instaurar un observatorio astronómico en Madrid, en 1785 se le comisionó para estudiar astronomía y recabar información sobre instalaciones similares en distintas capitales europeas. Pensionado en París, hubo de regresar precipitadamente en 1789, al iniciarse la Revolución francesa. Impartió clases de astronomía en Madrid. Aunque de intereses más teóricos que prácticos, impulsó la creación de un taller para la fabricación de instrumentos anexo a la Escuela de Astronomía, así como la introducción de la Meteorología en España. En 1796 consiguió que se dictaran las Ordenanzas del Cuerpo de Ingenieros Cosmógrafos de Estado y del Real Observatorio, que pasó a dirigir. Diseñó un telégrafo óptico basado en anteojos acromáticos y reverberos, que comunicó el Buen Retiro y el Cerro de los Ángeles. En 1804 el mismo Jiménez Coronado pidió la disolución del cuerpo facultativo militar, manteniendo el observatorio las competencias relativas a Astronomía y Meteorología. Meses antes había quedado instalado el gran telescopio de 25 pies fabricado en Inglaterra por William Herschel. Deportado a Francia por el rey intruso, Jiménez Coronado volvió a España gracias a los ruegos de la Academia Médica, de la que era miembro. Como director del Observatorio, hubo de enviar informes sobre este establecimiento al gobierno afrancesado, siendo plausible su colaboración en paralelo con los partidarios del gobierno de Cádiz. Fue elegido diputado a Cortes por la Mancha en 1812. [MSS]

Jiménez Donoso, Juan (segunda mitad del siglo XVIII). Ingeniero militar. En la década de 1770 tuvo una importante actividad en el Nuevo Reino de Granada, realizando proyectos de fortificación en Cartagena de Indias, reconocimientos territoriales en el río Atrato y obras diversas en Santa Fe de Bogotá, entre ellas el plano del palacio virreinal (1787). En 1794 se publicó en Madrid su *Despertar o avisos para la instrucción de la juventud militar en el rompimiento de una guerra.* [HCS]

Juan y Santacilia, Jorge (Novelda, Alicante, 1713 – Madrid, 1773). Marino, astrónomo, físico-matemático, geógrafo e ingeniero naval. En 1729 ingresó en la Academia de Guardias Marinas de Cádiz. En 1734 fue elegido, junto con Antonio de Ulloa, para acompañar a la expedición enviada por la Academia de Ciencias de París a las proximidades del Ecuador. Se pretendía medir un grado de meridiano en territorios americanos, con el fin de establecer con exactitud la figura de la Tierra. A su retorno publicaron los resultados en las *Observaciones Astronómicas y Phísicas* (1748). El carácter decididamente newtoniano de las *Observaciones* planteó a Jorge Juan problemas con la censura inquisitorial. Años después, escribió un alegato en favor del copernicanismo y de la ciencia newtoniana titulado *Estado de la Astronomía en Europa,* que apareció publicado, muerto ya su autor, en la segunda edición de las *Observaciones* (1773). El marqués de la Ensenada le envió a Inglaterra para indagar acerca de la marina y contratar secretamente ingenieros y técnicos destinados a participar en el programa de construcción naval español. Juan estudió la aplicación de la mecánica racional a la construcción naval, sobre lo que publicó *Examen marítimo* (1771), una de las obras cumbre de la Ilustración. Con instrumentos adquiridos en Londres, fundó el Observatorio de Marina en Cádiz (1753), anexo a la Academia de Guardias Marinas, buscando establecer un complejo científico para la Armada. Reformó los estudios de los guardiamarinas, introdujo el empleo de libros de texto e impartió a los cadetes más adelantados conocimientos superiores, entre los que se contaba el cálculo infinitesimal. Para la enseñanza en la Academia redactó un influyente *Compendio de navegación* (1757). También redactó proyectos para la fundación de una Academia de Ciencias y la elaboración de un moderno mapa de España. Dirigió el programa de construcción naval y el desarrollo de los nuevos Arsenales. En 1770 se le nombró director del Seminario de Nobles de Madrid, donde reorganizó las enseñanzas. Participó, con Diego Rostriaga, en el diseño de una máquina de vapor, la primera en España, destinada al arsenal de Cartagena. La caída del marqués de la Ensenada en 1754 supuso la frustración de algunos proyectos. Miembro correspondiente de la Royal Society de Londres y de la Real Academia de Ciencias de Berlín, en el ramo de las ciencias físico-matemáticas fue la figura más destacada de nuestra Ilustración. [MSG]

Juvarra, Filippo (Mesina, Italia, 1676 – Madrid, 1736). Arquitecto y eclesiástico. En 1703 fue ordenado sacerdote, pero inclinado al dibujo y a la arquitectura, pasó a Roma, donde estudió con Carlo Fontana (1703-1705) en las directrices del barroco romano. En 1708 entró al servicio del cardenal Ottoboni, y en 1714 pasó a Turín como arquitecto del rey Vittorio Amadeo II de Saboya, y después de su hijo Carlo Emmanuel III. Viajó entre 1718 y 1720, por motivos profesionales, a París, Lisboa y Londres. En la capital piamontesa y en su entorno construyó bastantes edificios, en los que supo combinar el clasicismo barroco con la decoración del primer rococó, como el monasterio y santuario de La Superga (1717-1731), cerca de Turín, o la iglesia de San Felipe Neri (1730). Pero, especialmente, proyectó, construyó y reformó sitios reales, como la Venaria Real, con su iglesia de Huberto (1714-1730); la fachada del palacio Madama (1718-1721); la ampliación del Palacio Real de Turín (1720-1721); y la construcción del palacete de Stupinigi (1729-1734). Con esas obras adquirió fama en Italia y fuera de ella, por lo que Felipe V le llamó en 1735 a Madrid para que construyese el Palacio Real Nuevo, que sustituía al viejo Alcázar de los Austrias. Juvarra, que llegó en marzo de 1735, sólo tuvo tiempo de hacer el proyecto, pues murió al año siguiente. Su discípulo y ayudante, Giovanni Battista Sacchetti, llevaría a término la obra, pero introdujo importantes modificaciones en el proyecto, reforzando más la orientación barroco-clasicista del edificio. [AAN]

Kresa, Jacobo (Smirschitz, Austria, 1645 – Brunn, Austria, 1715). Matemático, astrónomo. Miembro de la Compañía de Jesús, enseñó gramática, hebreo y matemáticas en Praga y en Olmutz. Sustituyó a José Zaragozá, al parecer, en la cátedra de matemáticas del Colegio Imperial de Madrid, aunque también fue profesor *en interim* en Cádiz. A la muerte de Carlos II volvió a Bohemia y ocupó la cátedra de controversia en Praga. Casi todas las obras de matemáticas que se publicaron durante su permanencia en España llevan su censura o aprobación. En 1689 publicó una edición de los *Elementos* de Euclides ampliada con varios teoremas de Arquímedes tomados de los *Elementa geometricae* de Andreas Tacquet, más algunas adiciones propias; incluyó además dos problemas de Hugo de Omerique, a quien animó a publicar sus trabajos. Como obra póstuma, en 1720, se editó su *Analysis speciosa trigonometriae*, en la que destaca el empleo del cálculo algebraico en forma metódica. [VNB]

La Faille, Jean Charles de (Amberes, Bélgica, 1597 – Barcelona, 1652). Matemático. Jesuita, estudió matemáticas en Amberes con Gregoire de Saint-Vicent y teología en el colegio de Dôle, donde además enseñó matemáticas, lo que también hizo en Lovaina. Hacia 1629 se trasladó a Madrid para enseñar matemáticas en los Reales Estudios del Colegio Imperial. Felipe IV lo nombró cosmógrafo mayor del Consejo de Indias (1638). Desde 1644 fue preceptor de Juan José de Austria, uno de los futuros mecenas de los "novatores". Su única obra impresa conocida es *Theoremata de centro gravitatis partium circuli et ellipsis* (1632), en la que ofrece un tratamiento geométrico y arquimediano de la cuestión. Dejó además, un importante conjunto de manuscritos, entre ellos un tratado de cónicas, otro de arquitectura, un texto sobre el método en la geometría y una traduccicón al castellano de la obra de Giovanni Battista Baliani *De motu naturali gravium solidorum*. También diseñó una carta náutica para resolver el «problema de los rumbos». [VNB]

Lanz, José María (Campeche, Nueva España, h. 1762 – París, ¿1837?). Cartógrafo e ingeniero mecánico. Estudió en el Seminario de Vergara y en 1781 ingresó en la Compañía de Guardias Marinas de Cádiz, culminando con el empleo de teniente de navío. Oficial destinado en el Observatorio de Marina de Cádiz para ampliar estudios, a las órdenes de Vicente Tofiño, fue elegido para colaborar en la confección del Atlas Marítimo de España. En 1789 viajó a Francia, Inglaterra, Sajonia, Dinamarca, Suecia, Rusia, Polonia e Italia. Al final del periplo se quedó en París como pensionado hasta 1792, donde, entre otras actividades, asistió a la Escuela de Aplicación de Ingenieros Geógrafos. Escribió, con José Chaix, unos Elementos de cálculo diferencial e integral, que quedaron inéditos. Separado del servicio por sus inclinaciones revolucionarias, en 1802 fue nombrado profesor de matemáticas en la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid, fundada por Betancourt, con quien colaboró en la famosa obra *Ensayo sobre la composición de las máquinas* (París, 1808). Martínez Hervás, Ministro del Interior con el gobierno de José Bonaparte, lo nombró director del Depósito Hidrográfico y jefe de la sección primera de su ministerio, donde trabajó sobre la realización de una «carta general de España», y escribió un documento para la creación de un cuerpo de ingenieros civiles. Prefecto de Córdoba (diciembre de 1811), tras la Guerra de la Independencia tuvo que exiliarse, muriendo en París cuando trabajaba en la fábrica de relojes Breguet. [SVT]

Larrañaga, Diego de (Azcoitia, Guipúzcoa, 1769 – Madrid, 1814). Mineralogista, metalurgista, ingeniero de minas. Cursó en Madrid matemáticas y ciencias naturales y ocupó a partir de 1790 una cátedra en la Academia de Minas de Almadén, desde donde volvió a la Corte para seguir los cursos que impartía Chavaneau. En 1796 fue pensionado junto con Francisco de la Garza con el fin de perfeccionarse en minería; se detuvieron en minas de Alemania, Bohemia y Hungría, donde tuvieron ocasión de seguir los cursos de geometría subterránea de la Academia de Vindehak, con el muy conocido profesor Möling, cuyas lecciones tradujeron al español, así como las de Abraham T. Werner en Freiberg. Visitaron también las minas de mercurio de Idria, en Eslovenia, de cuyos explotación y hornos levantaron planos, cortes y perfiles. A su vuelta a España, Larrañaga fue nombrado director de la explota-

ción de Almadén e introdujo importantes modificaciones en el sistema de laboreo que había organizado el alemán Hoppensack –por ejemplo, el uso de agujas de cobre con ojo de hierro en los barrenos, mucho más seguras– y adoptó los hornos más eficaces que había podido contemplar en Idria. En 1808 fue acusado de afrancesado y destituido en 1813; rehabilitado en 1814, murió inmediatamente después. [JSG]

Larrañaga, José de (Azcoitia, Guipúzcoa, 1773 – Madrid, 1859). Mineralogista, metalurgista, ingeniero de minas. Hermano de Diego de Larrañaga, cursó en Madrid estudios de física y matemáticas, así como otros de dibujo en la Academia de San Fernando. En 1794 se le admitió en la Academia de Minas de Almadén, donde su hermano era ya catedrático. Estudió química con Chavaneau en Madrid. En 1802 fue nombrado catedrático de matemáticas en la Academia de Almadén y colaboró en la instalación y mantenimiento de nuevas máquinas en la explotación. En 1815 fue designado director de la fábrica de lacre y bermellón aneja a la mina en la que su hermano había introducido importantes innovaciones técnicas. En 1822 se le nombró director del área de fundición y experimentó reformas en los hornos que demostraron economía de tiempo y combustible, y menor emisión de vapores tóxicos. Tras el fin del trienio liberal, fue cesado de su cargo. Rehabilitado en 1826, fue destinado al distrito minero de Granada, donde despegaba una importante producción de plomo. Vuelto a Almadén en 1828, continuó sus experiencias para mejorar la producción y la calidad de vida de los trabajadores. En sus últimos años se dedicó a experiencias con balística y propuso a la Dirección General de Artillería importantes innovaciones en esa materia. [JSG]

Leganés, I Marqués de (1590-1655). Diego Mesía Felípez de Guzmán, duque de Sanlúcar y I marqués de Leganés. Militar e ingeniero de origen español. En el palacio madrileño del Marqués de Leganés, con la colaboración del famoso matemático y artillero J. Firrufino, tuvieron continuación las clases de la Academia de Matemáticas cuando ésta dejó de funcionar oficialmente por falta de alumnos. Lugarteniente de Ambrosio Spínola (el general de la rendición de Breda), con cuya hija Polissena se casó en 1627, fue gobernador de Flandes, capitán general de la Artillería y del ejército de Italia y gobernador de Milán. Experto en fortificaciones y principal impulsor de la enseñanza de esta disciplina en Milán, formó un grupo de ingenieros entre los que se encontraba Juan de Médicis y Juan de Garay. Virrey de Cataluña entre 1645 y 1648, participó activamente en la guerra contra Francia y luego fue trasladado a la frontera de Portugal, donde murió. [FCG]

Leganés, III Marqués de. Diego Felipe de Guzmán, duque de Sanlúcar, marqués de Morata y III marqués de Leganés. Militar e ingeniero de origen español. Virrey de Cataluña (1685-1688) y gobernador de Milán (1691-1698). Capitán general de la Artillería y principal exponente de la escuela de matemáticas y fortificación de la capital de la Lombardía. Es seguramente el autor del tratado *Escuela de Palas*, publicado en Milán en 1693. Partidario, al parecer, de la rama Austriaca para la sucesión de Carlos II, fue encarcelado por conspirador en el castillo de Vincennes a las afueras de París, donde murió en 1711. [FCG]

Lemaur (Le Maur), Carlos (Montmirel, Francia, 1721 – Madrid, 1785). Ingeniero militar. Su venida a España fue gestionada por Antonio de Ulloa. Contratado para trabajar en proyectos hidráulicos, ingresó en 1750 en el Cuerpo de Ingenieros. Nombrado ingeniero jefe del Canal de Castilla, en 1752 firmó su proyecto general, redactando en 1754 una *Relación histórica del proyecto de los Canales de Castilla y de la ejecución del de Campos hasta hoy*. Cesó en el cargo en 1755 y fue destinado a Galicia a la revisión del sistema defensivo de los puertos y las costas. Trabajó en el puerto y las baterías de Corcubión; también se le encargó el proyecto del camino real a Galicia. A principios de 1757 se incorporó a la Real Sociedad Militar de Matemáticas de Madrid, en la que elaboró un tratado de *Dinámica*. En 1762 escribió un *Discurso sobre la astronomía* elaborado con ocasión del eclipse de sol del

año anterior, en el que anuncia que ha escrito un tratado sobre la construcción de canales y otro de *Mecánica*. En 1764 diseña la capilla mayor de la catedral de Lugo, trabaja en el puerto de Las Cascas en La Coruña, y descubre y describe la vía romana de Astorga a Bergidum. Tradujo varias obras británicas y francesas de teoría económica, destacando su edición de los *Elementos de Comercio* de Forbonnais (1765) y presentó un plan para la colonización de los Juncales de la ría de Betanzos. Participó en las deliberaciones de la Real Academia de Agricultura de Galicia, en la que presentó disertaciones sobre, entre otros temas, el cultivo de los montes y el aprovechamiento de la turba descubierta en Orzén. En 1767 trazó los planos del seminario, el denominado palacio de Raxoy, hoy ayuntamiento de Santiago, y dirigió los trabajos en el camino real de Galicia desde Astorga hacia Lugo y La Coruña. Entre 1771 y 1785 trabajó en el camino de Antequera a Málaga y en el camino real a Andalucía por Jaén por el puerto de Despeñaperros, poniendo en servicio 65 km de ruta; desempeñó diversas comisiones en Navarra (obras en la ciudadela y proyecto del cuartel nuevo) y Murcia (informes sobre el canal de Murcia). Ingresó en la Real Sociedad Económica Matritense de Amigos del País en diciembre de 1776, participando como juez de máquinas, herramientas y nuevas invenciones, siendo también comisionado para el examen de proyectos sobre escuelas y fábricas que se remitieron a la Clase de Artes y Oficios. En los últimos años de su vida se dedicó al proyecto del canal navegable desde el río Guadarrama al océano pasando por Madrid y Sierra Morena, con un total de 771 km y 800 m de desnivel. En el proyecto fue ayudado por cuatro de sus hijos, también ingenieros militares: Carlos, Manuel, Francisco y Félix. [HCS]

Llobet, Francisco (Barcelona, 1704-1785). Ingeniero militar. Entró en el cuerpo en 1726 como ingeniero extraordinario. En 1742 estaba destinado en Tortosa, desde donde se le ordenó pasar a Málaga y después a Sevilla, donde levantó un mapa del reino y proyectó un molino sobre barcos. Trabajó en León y Galicia (hizo planos de las costas, principalmente en la ría de Camariñas, y proyectos de fortificación) y en 1752 se instaló en El Ferrol, donde intervino en la construcción del arsenal y en la nueva ciudad. En la década de 1760 realizó también tareas de ingeniería en Pamplona (arsenal de artillería, iglesia de la ciudadela), en el puerto y ciudad de Santander y en los puertos asturianos. En 1770 trabajó también en Cartagena, siendo ya mariscal de campo e ingeniero director, y en 1774 se le destinó a Barcelona como ingeniero en jefe de Cataluña; desarrolló una amplia labor en la capital (puerto, cuartel en las Atarazanas) y en otros puertos y fortificaciones costeras (Tarragona, Los Alfaques), así como en Lérida y Figueras. [HCS]

Lope y Aguilar, Tadeo (Madrid, ¿1753/6?-1802). Ingeniero militar. Estudió matemáticas en el Real Seminario de Nobles de Madrid, pero no se formó en las reales academias de matemáticas del Ejército, lo que permite comprender su atrevimiento para criticarlas. Se encontraba en París en 1776, acompañando en una misión a Casimiro Ortega y complementando su formación, cuando fue nombrado ayudante de ingeniero. Inicialmente su labor en el Cuerpo se desarrolla a las órdenes de Sabatini, dentro del ramo creado en 1774 sobre «Caminos, Puentes, Edificios de Arquitectura Civil y Canales de Riego y Navegación». Destinado en Sevilla, en 1780 es trasladado a Lérida para trabajar en la prolongación del puente. Siendo teniente, la Imprenta Real publica su traducción («añadiendo la descripción de las máquinas y modo de hacer los experimentos») de los *Elementos de física teórica y experimental de M. Sigaud de la Fond* (1787). En el prólogo señala insuficiencias graves en el curso manuscrito empleado en la Academia de Matemáticas de Barcelona en cuanto al álgebra, la geometría analítica o el cálculo diferencial e integral. Juan Caballero, exdirector del centro (1779-1784) y comandante de los ramos de academias y fortificaciones, reacciona corporativa y violentamente contra él. En 1790, Lope y Aguilar es catedrático de «Matemáticas, del Arte Militar y delineación y lavado de planos» en el Real Seminario de Nobles de Madrid, para cuyos alumnos publica un *Curso de Matemáticas para la enseñanza de los caballeros seminaristas* (1794-98, 4 vols.) que cubre la aplicación del álgebra a la geometría y el cálculo de probabilidades. Entre tanto, había traducido de nuevo a Sigaud de la Fond (*Resu-*

men histórico y experimental de los fenómenos eléctricos, 1792), así como los *Elementos de Historia Natural y de química* de Antoine-François Fourcroy (vol. I, Segovia, 1793; vols. II y III, Madrid, 1793 y 1795). A través de unos grabados de instrumentos topográficos de la Calcografía Nacional, sabemos que trabajó sobre un texto de *Agrimensura y matemáticas* (cuyo tomo IV se dedicaba a *Geometría práctica*) que no se llegó a publicar. [MSS]

López, Tomás (Madrid, 1731–1802). Geógrafo y cartógrafo. Estudió matemáticas en el Colegio Imperial. Pensionado por Ensenada en París (1752-1760) junto con Juan de la Cruz Cano y Olmedilla, se perfeccionó en geografía con Jean-Baptista d'Anville, y en matemáticas en el Collège Mazarin. A su vuelta se convirtió en prolífico cartógrafo e ilustrador. Fundador de una dinastía de cartógrafos, geógrafo erudito, de gabinete, nunca realizó observaciones astronómicas ni levantamientos topográficos, sino que siempre se sirvió de datos ajenos. Con objeto de perfeccionar la información disponible sobre España (mapas de los siglos XVI a XVIII, relatos de viajeros, informes de militares, respuestas al catastro de Ensenada), envió un *interrogatorio* a obispos, párrocos y funcionarios civiles con un cuestionario y la demanda de mapas o planos (lo que recuerda a las renacentistas *Relaciones* filipinas). Aunque citaba con rigor sus fuentes, en general no sometió los datos al necesario análisis crítico, por lo que incluso hubo de destruir un texto que redactó (1788) ante las adversas críticas de Floridablanca, que le reconvino a que se concentrara en su tarea de cartógrafo y grabador. Empleó muy diferentes escalas (entre 1:1.140.000 y 1:640.000, frecuentemente), dos meridianos iniciales (Madrid y el pico del Teide), proyección cónica y plana, la primera para los de escala más pequeña. Con esta diversidad técnica y lagunas de información, no pudo construir un mapa "exacto" de España como Jorge Juan planteó. Dedicó gran atención a la calidad del grabado, llegando, a veces, a burilar los mapas él mismo, o sus hijos Juan y Tomás Mauricio. Académico de mérito en la de Bellas Artes de San Fernando (1764), ingresó en la de Historia en 1777. Publicó *Principios geográficos aplicados al uso de los mapas* (1775-1783), manual práctico donde sistematiza cuestiones sobre la elaboración de mapas. En 1770 fue nombrado «Geógrafo de los Dominios de S. M.», por lo que cartografió algunos territorios de América. Impulsó la organización del Gabinete Geográfico del Príncipe de la Paz (1795), encargándose de confeccionar un *Atlas Geográfico de España* que publicaron sus hijos en 1804. [MSS]

López de Peñalver y de Sayas, Juan (Málaga, 1763/4 – Madrid, 1834). Ingeniero hidráulico y mecánico, economista, dirigente de empresa y literato. Hijo del contralor y periodista Juan Luis López Peñalver, autor de la que posiblemente sea la primera publicación científica periódica en España: *Ejercicio de las Ciencias, que tratan de la quantidad, y semanero malacitano en que por pliegos distribuidos semanariamente se descifra y compendia la Aritmética inferior y superior, Algebra lineal y diferencial, Geometría elemental y práctica, Trigonometría rectilínea y cirvilínea, Geographía y ordenación de tiempo* (1765-1766). Ayudante de Francisco Angulo, en 1788 fue a estudiar mineralogía a Hungría, de donde pasó a Alemania y a París cuando estallaba la Revolución francesa. Allí trabajó como ingeniero hidráulico con Betancourt, con quien escribió la *Memoria sobre los medios de facilitar el comercio interior* (1792). Tras negársele la Dirección General de Caminos (1796), tradujo a Euler y Montesquieu, coorganizó el Real Gabinete de Máquinas, publicó su *Catálogo* y las *Descripciones de Máquinas*; fue elegido miembro de la Real Academia de Ciencias Naturales y Artes de Barcelona, ingresando con la memoria *Reflexiones sobre los balancines de las bombas de fuego* (1796), contribución teórica al diseño de máquinas, y académico de honor de la Real de Bellas Artes de San Fernando (1805). Sus relaciones clientelares y el prestigio alcanzado en cometidos excelentemente realizados le llevaron a la Junta General de Comercio, Moneda y Minas, a la vicedirección del Gabinete de Máquinas, a la escuela de Ingenieros de Caminos y a la dirección de las obras del Canal Imperial de Aragón y del de Castilla (1807). A punto de ser deportado por los franceses en 1809, realizó para el gobierno de José I un informe sobre la conducción de aguas del Jarama a Madrid. Posteriormente fue elegido miembro de la Junta de Sanidad de Madrid, de la Junta de Instrucción Pública y Director del

Conservatorio Nacional de Artes bonapartista (1810). Redactor de la *Gaceta de Madrid* (director, 1803) y del *Mercurio*, dirigió el *Correo Político*. Tras la Guerra de la Independencia fue superintendente de las Reales Fábricas de Guadalajara, colaboró en el sistema arancelario, dirigió el Real Conservatorio de Artes (1824) y defendió ideas económicas protoliberales. Economista político, fue en parte precursor de la econometría. [SVT]

Lucuce (Lucuze), Pedro (Avilés, Oviedo, 1692 – Barcelona, 1779). Ingeniero militar. Entró en el Cuerpo de Ingenieros en 1732 como ingeniero extraordinario y teniente. Trabajó en Ceuta y Vélez de la Gomera. En 1736 se expidió una orden para que pasara a Barcelona a enseñar en la Academia de Matemáticas, de la que sería nombrado director dos años después. Fue persona clave en el funcionamiento de este centro, en el que permaneció hasta su muerte, y en la elaboración de cuyo plan de estudios intervino (*Ordenanzas e Instrucción para la enseñanza de las Mathemáticas en la Real y Militar Academia, que se ha establecido en Barcelona*), así como en la de su *Curso Matemático*. En la década de 1750 recibió varias comisiones, como la elaboración de un informe sobre la defensa de la frontera del Ampurdán, que llevaría a la construcción de la fortaleza de San Fernando de Figueras, y de la frontera occidental de los Pirineos. En 1756 formó parte de la Sociedad Militar de Matemáticas, creada por el conde de Aranda, hasta su disolución en 1760. Realizó varios dictámenes sobre la anchura que debía darse a los caminos reales, y sobre la medida y cálculo de los desmontes que se hacían en las obras de fortificación; en 1772 se publicaron sus *Principios de fortificación* y al año siguiente su *Disertación sobre las medidas militares*. En 1774 fue nombrado director comandante del ramo de Academias Militares de Barcelona, Orán, Ceuta y las restantes que se crearan, permaneciendo en la capital del Principado, donde dirigió también trabajos en el puerto. [HCS]

Malaspina, Alejandro (Mulazzo, Italia, 1754 – Pontremoli, Italia, 1809). Marino y geógrafo. En 1774 ingresó en la Academia de Guardias Marinas de Cádiz. En 1789 se le nombró para dirigir una expedición de reconocimiento de las costas occidentales americanas y regiones del Pacífico. Se emplearon dos corbetas construidas expresamente, la *Descubierta* y la *Atrevida*, la primera al mando de Malaspina y la segunda al de José de Bustamante. En la expedición partieron José Espinosa y Tello y Felipe Bauzá, cartógrafos de la escuela de Tofiño, así como Dionisio Alcalá Galiano y los naturalistas Antonio Pineda, Luis Née y Tadeo Haencke. Tras cinco años, retornaron con un importante caudal de información, lo que convierte a la expedición en un punto cumbre de la Ilustración española. Ascendido a brigadier de la Armada en 1795, Malaspina fue implicado en una intriga cortesana, por lo que resultó encarcelado en La Coruña y desterrado a Italia. Los trabajos de la expedición se dispersaron y no fueron publicados en la época, salvo algunos dados a conocer por el Depósito Hidrográfico. [MSG]

Marín, Miguel (?, 1688 – Valencia, 1765). Ingeniero militar. Desarrolló la mayor parte de su carrera en Cataluña, donde desempeñaría el cargo de director de ingenieros. En la década de 1730 trabajó en las obras de Montjuic y en el proyecto de puente sobre el Llobregat, así como en un dique sobre el Ter, la construcción de baluartes en las murallas de Barcelona, el diseño de nuevos cuarteles (de Atarazanas, de la Lonja y pabellones contiguos, de los Estudios), en Montjuic y el puerto. Desplegó una gran actividad en diversas plazas catalanas, entre ellas el castillo de Cardona y hospital de dicha ciudad (1738) y el puerto de Salou. En la década siguiente planeó la prolongación de los muelles de Levante y Poniente y realizó el estudio y cartografía del banco de arena. En 1743 trabajó en la propuesta de un Arsenal de Marina y en 1745 escribió una *Descripción de las plazas, castillos, fuertes y puestos más importantes del Principado de Cataluña*. Dedicó atención a la cartografía del curso inferior del Ebro, en relación con los proyectos para hacerlo navegable y para la construcción de un canal desde los Alfaques, debates que llevarían a la construcción de la población de San Carlos de la Rápita. También trabajó en el proyecto para convertir en cuartel la catedral vieja de Lérida, en la Universidad

de Cervera, y en el cuartel de caballería de Junqueras. Desde 1752 estuvo en El Ferrol, levantando planos y perfiles de las obras efectuadas en el Arsenal, así como en otras plazas de Galicia y Huesca. [HCS]

Maritz de la Barolliere, Jean (Ginebra, 1711 – Lyon, 1790). Metalurgista, fundidor. Hijo del inventor del procedimiento de fundición de cañones en sólido, en 1738 se le encargó la modernización de la fundición de Estrasburgo. Hacia 1747 asumió la dirección de las tres grandes fundiciones francesas de cañones de bronce. Adaptó las máquinas de barrenar a las fundiciones de cañones de hierro para la Marina. Fue nombrado inspector general de las fundiciones de la Marina (1757) y del Ejército de Tierra (1760), cargos que se unificaron en 1763, con lo que todas las fábricas de artillería de Francia quedaron bajo su supervisión. El Marqués de Esquilache logró que viniera a España, llegando a Barcelona en 1766. La primera misión que se le encargó fue el establecimiento, en el antiguo edificio de las Atarazanas, entonces Arsenal de Artillería, de una nueva Real Fundición de Artillería de Bronce. En poco más de un año la dotó de las instalaciones necesarias para fundir en sólido. En 1767 tuvieron lugar las primeras pruebas de comparación de cañones fundidos en hueco y en sólido, con buenos resultados para estos últimos. Maritz fue nombrado inspector general de las fundiciones de Artillería de España. Pasó a Sevilla, donde no sólo implantó su método, sino que amplió y renovó a fondo la estructura productiva de la Real Fundición de Artillería de Bronce hispalense, proyectando una importante ampliación del edificio, y las nuevas instalaciones del Molino de San Juan, en el río Guadaira, que habían de albergar las barrenas de su invención. La convirtió en una de las más modernas fábricas de Europa. En 1768 proyectó la Real Fábrica de Municiones de Hierro de San Sebastián de la Muga, en Gerona. En junio de 1774 tuvo lugar en Ocaña, en presencia del rey Carlos III, una gran prueba de comparación de cañones, que supuso el establecimiento definitivo de la fundición en sólido en las fábricas de artillería de bronce de España. Maritz regresó a Francia en 1775, pero no pudo reincorporarse a sus antiguos cargos, pues se vio implicado en la querella de los partidarios de los sistemas de artillería de Vallière y Gribeauval, que estaban ásperamente enfrentados, por lo que se retiró a Lyon, donde falleció. Su actividad en España fue destacada por viajeros como Peyron y Laborde, e incluso en el prestigioso *Tratado de Artillería* de Tomás de Morla. [JHQ/ARY]

Martí i Franquès, Antoni de (Altafulla, Tarragona, 1750 – Tarragona, 1832). Químico y fisiólogo vegetal. De formación autodidacta, formó en su casa de Altafulla una biblioteca científica muy apreciable y laboratorios de física, química e historia natural. En 1786 ingresó en la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona. Elaboró comunicaciones que reflejaban los descubrimientos en química neumática debidos a Lavoisier, Priestley, Cavendish o Igenhousz. En 1790 presentó un trabajo, de difusión internacional, *Sobre la cantidad de aire vital que se halla en el aire atmosférico y sobre varios métodos de conocerla*, donde ofrecía sus resultados sobre la composición del aire, corrigiendo a sus contemporáneos. En 1791 realizó una investigación sobre los sexos y la fecundación de las plantas, incidiendo en el debate que existía sobre esta cuestión. En 1800 viajó por Bélgica, Holanda, Inglaterra y Francia, donde actualizó sus conocimientos. En 1806 acogió los expedicionarios de la comisión de la Academia de Ciencias de París que medía un arco de meridiano (inicialmente, Dunkerque-Barcelona, con prolongación a Baleares) que había dado lugar a la definición del metro como patrón de longitud. Tras la guerra residió algún tiempo en Barcelona, donde organizó tertulias científicas. [ARR]

Martín Zermeño (o Cermeño), Juan (Ciudad Rodrigo, Salamanca, 1700 – Barcelona, 1773). Ingeniero militar. En 1727 participó en el sitio de Gibraltar, ascendió a ingeniero en segunda en 1733, y participó en la defensa de Melilla y establecimiento del Fuerte de la Victoria. En 1734 levantó los planos de la esclusa que se propone en la entrada del canal y embarcadero de Zaragoza. En 1737 era ingeniero director y trabajaba en las obras del muelle de Málaga y en la fortificación para su defensa. En 1746 es encargado del mando de los ingenieros del ejército de Italia, y cuartel maestre general de

dicho ejército, siendo nombrado comandante general interino del Cuerpo de Ingenieros, cargo que ocuparía hasta 1756. Trabajó en las obras del puerto de Barcelona y su fortificación, en el puente de Lérida y mapa del curso del río Segre (1751) y en Reus, ciudad para la que diseñó un cuartel para 700 infantes. También intervino en los nuevos baluartes de las murallas de Barcelona, su puerto y ciudadela, y en la construcción del castillo de Montjuic. Levantó el mapa del curso del Ebro y canal del puerto de los Alfaques, Amposta, Jaca y Palamós. Dirigió obras en San Sebastián, y reforzó las fortificaciones de Pamplona. En 1763 fue nombrado inspector general de fortificación. En función de ese cargo examinó los proyectos que se realizaban en todos los territorios de la Monarquía, y por ello firmó planos de plazas en plazas españolas y americanas (Luzón, Zamora, Ciudad Rodrigo, Valdivia, Cádiz, Cartagena, Orán y otras). [HCS]

Martín Zermeño (o Cermeño) y García de Paredes, Pedro (Melilla, 1722 – La Coruña, 1792). Ingeniero militar, hijo de Juan Martín Zermeño. Llegó a ser teniente general de los Reales Ejércitos, del Consejo de Su Majestad en el Supremo Consejo de Guerra, capitán general del Reino de Galicia y presidente de su Real Audiencia. En 1744 trabajó en las obras del puerto de Málaga; en 1751 realizó la alta inspección de la Universidad de Cervera y trabajó en Gerona. Elaboró el proyecto del barrio de la Barceloneta, en Barcelona, para el que diseñó la iglesia de San Miguel. Trabajó también en los nuevos baluartes de la muralla de Barcelona. En 1753 fue destinado a las obras del Castillo de San Fernando de Figueras. De 1758 a 1763 fue director de ingenieros de Cataluña y dirigió el cuartel nuevo de caballería, la contraguardia que debía cubrir el baluarte del Príncipe en la Ciudadela de Barcelona, y el Fuerte Pío, a la vez que dirigía o supervisaba otras obras en el Principado. En 1762 pasó a Cartagena y al año siguiente a Cádiz, para las obras de fortificación y la aduana. En 1765 trabajó en la fortificación de la plaza de Cartagena, según instrucciones del Conde de Aranda. En 1768 la Academia de Bellas Artes de San Fernando le nombró Individuo de Honor y Mérito en Arquitectura. En 1770 pasaría a Mallorca como segundo comandante general de la isla, aunque regresó a Cataluña y se encargó de dirigir las obras del camino a Lérida, elaborar los planos de la nueva catedral de Lérida, el plano de la plaza de Rosas y las obras del puerto de Barcelona (1772). En 1773 fue encargado interinamente del mando del Cuerpo de Ingenieros, aunque al año siguiente cesaría en el cargo por haber sido nombrado capitán general del Reino de Galicia y presidente de su Real Audiencia. Siguió entendiendo en temas de ingeniería militar (obras de fortificación de La Coruña y defensa de las rías de Betanzos y El Ferrol) y de urbanismo; en 1779 dibujó el «Plano de una porción de la ciudad alta de La Coruña en que se proyecta el regularizar una plaza cómoda para los mercados semanales», y al año siguiente firmó un plano del arrabal de la plaza de La Coruña. [HCS]

Mazarredo, José de (Bilbao, 1745 – Madrid, 1812). Marino y geógrafo. En 1772, en un viaje a Manila junto con Juan de Lángara, probó por primera vez a bordo de un buque español el método de las distancias lunares para la determinación de la longitud en el mar. Dos años después fue comisionado junto con J. Varela para determinar la posición de la isla de Trinidad. Siendo comandante de la Compañía de Guardias Marinas de Cartagena, introdujo los nuevos métodos para la determinación de la longitud por cronómetros y por distancias lunares. Actualizó el *Compendio de navegación* de J. Juan en unas *Lecciones de navegación* que publicó en 1798. Impulsó las actividades científicas en la Armada, abriendo las funciones del Observatorio de Marina hacia el apoyo al desarrollo de la hidrografía, promoviendo la publicación del *Almanaque náutico* español y la construcción de cronómetros de longitud y otros instrumentos. Se le debe la determinación de la posición geográfica de diversos lugares de España y costa de África. Dirigió el Ministerio de Marina bajo José I, hasta su muerte. [MSG]

Médicis, Juan de, II Marqués de Santángelo (activo h. 1631-1640). Ingeniero de origen italiano al servicio de la monarquía española, que a menudo es confundido con Giovanni de Medici, hijo natural de Cósimo, Duque de Toscana, también ingeniero militar al servicio de España pero que había

muerto en 1621. Este segundo Juan de Médicis era hijo de Rafael de Médicis, que había recibido en 1625 de la Corona de España (reino de Nápoles) el «título de Marqués de Santo Angelo de Grotte, tierra de la provincia de condado de Molisse, con la condición de que le suceda su hijo D. Juan de Médicis». Las primeras noticias sobre proyectos de fortificación de este ingeniero aparecen en la Lombardía española. En 1631 fue enviado a Novara para estudiar su fortificación y sabemos que formaba parte del grupo de ingenieros del I Marqués de Leganés en Milán, cuando fue enviado en 1639 a proyectar diversas fortalezas en Sicilia y Malta. Su fortificación de revellines y contraguardias (que él llamaba "medias lunas") para el frente viejo de la Valeta es uno de los primeros y más importantes ejemplos del uso de obras exteriores. [FCG]

Mendoza y Ríos, José de (Sevilla, 1762 – Brighton, Inglaterra, 1816). Marino, especialista en astronomía náutica, se educó en el Real Seminario de Nobles de Madrid. En 1787 publicó un *Tratado de Navegación* en dos volúmenes, exponiendo la moderna navegación astronómica. Es conocido principalmente por su método para "despejar" la distancia, un procedimiento basado en tablas y destinado a facilitar los cálculos en la determinación de la longitud en el mar por las distancias lunares. Su método alcanzó una amplia difusión y, a expensas del almirantazgo británico, publicó en 1800 las tablas para su aplicación. Para facilitar las observaciones propuso un diseño modificado del círculo de reflexión, si bien este instrumento no fue muy empleado en el mar. A partir de 1789 estuvo comisionado en Londres para la adquisición de libros e instrumentos, entre ellos el gran telescopio reflector construido por William Herschel para el recién establecido Observatorio de Madrid, que fue quemado por las tropas invasoras durante la ocupación francesa. En 1793 fue elegido miembro de la Royal Society de Londres. [MSG]

Montarguis, Carlos. Maestro maquinista, armero, arcabucero, maestro grabador de armas de la Real Casa y Patrimonio desde el reinado de Carlos III. Miembro de la Real Sociedad Económica Matritense de Amigos del País, participó en su Clase de Artes y Oficios (1789-1807) en varias tareas, llegando a ser secretario de la Sociedad en 1812. Examinador de proyectos y memorias, juez de los concursos de premios, Montarguis regaló varias herramientas y diseños a la colección de máquinas que se exponía en la Casa de los Desamparados. Además, presentó varias herramientas de relojería en 1789 a la Sociedad, con el objeto de hacer una colección especial de instrumentos de este oficio. [AMR]

Morla Pacheco, Tomás de (Jerez de la Frontera, Cádiz, 1747 – Madrid, 1811). Artillero, químico, metalurgista. Cursó la carrera militar en el Colegio de Artillería de Segovia, donde se graduó (1765) y fue profesor (hasta 1787). A partir de 1779 trabajó en la redacción de su *Tratado de Artillería* que empezaría a publicarse en 1784. Escrito con finalidad docente, se convirtió en la mejor síntesis sobre el estado de la técnica artillera a finales del siglo XVIII. En 1787 fue comisionado, junto con Jorge Guillelmi, en un viaje de espionaje industrial por varios países europeos, «para ver y dar parte de todos los inventos relativos a la artillería». Del viaje, que se prolongó hasta mediados de 1791, fue especialmente interesante el recorrido por Inglaterra. A su regreso a España, Morla fue destinado a la fundición de artillería de bronce de Barcelona, donde consiguió implantar con éxito la fabricación de cañones aligerados, según el sistema Gribeauval. Entre 1793 y 1795 participó en la Guerra contra la Convención, lo que permitió comprobar los buenos resultados de la nueva artillería aligerada, y que le proporcionó su ascenso a teniente general. Posteriormente trabajó en diversas comisiones especializadas, la más importante de las cuales fue la inspección y reforma de las fábricas de pólvora, entre 1797 y 1799; fruto de esta experiencia fue la elaboración de una extensa obra, *Arte de fabricar la pólvora* (3 vols., 1800). Fue nombrado gobernador de Cádiz, capitán general de Granada y, tras el estallido de la Guerra de Independencia, inspector general de Artillería. Tras la rendición de Madrid, aceptó formar parte del Consejo de Estado de José Bonaparte. Falleció en el desempeño de ese cargo el 6 de diciembre de 1811. [JHQ]

Munárriz, Juan Manuel (Estella, Navarra, h. 1760 – Sevilla, 1831). Artillero, químico, metalurgista. Ingresó en el Real Colegio segoviano en 1778, donde fue nombrado profesor ayudante en 1782. En los *Anales* del Real Laboratorio de Química de Segovia (tomo II, 1795) publicó una nota *Sobre la purificación del cristal de tártaro.* Comprometido con la Sociedad Económica de la misma ciudad desde 1788, la presidió en 1801 y 1802, teniendo gran influencia en su orientación técnica y científica. Discípulo y colaborador de Luis Proust, tradujo el *Tratado elemental de Química* de Lavoisier (1794) y el *Arte de fabricar el salino y la potasa,* publicado de orden del rey de Francia por los directores generales de pólvora y salitre (1795), de gran interés artillero y civil, ya que la potasa interviene en la pólvora, en procesos de teñido y de esmaltado de lozas. Asimismo, realizó un suplemento a la traducción de los *Elementos de Química* de J. A. Chaptal, tomado de la tercera y última edición de París (Madrid, 1801), y se ocupó de la segunda edición del *Tratado de Artillería* de Morla, corrigiéndolo y adicionándolo de forma importante. Vista la vulnerabilidad de las manufacturas pirenaicas (Eugui, Orbaiceta y San Sebastián de la Muga), por su proximidad a la frontera francesa, se decidió explorar el potencial de zonas más defendibles. Con ese motivo, siendo teniente coronel (desde 1804), visitó el Bierzo, estancia que aprovechó para estudiar las Médulas, lo que contribuyó a la correcta interpretación de esos importantísimos vestigios mineros romanos. Escribió *Apuntaciones para la historia Natural y Política del Bierzo, y descripción de la Merindad de la Somoza en el Reino de León* (copia de 1812, original perdido de 1808). En diciembre de 1813 volvió a ser designado profesor del Real Colegio segoviano. Nombrado inspector general de Artillería en 1821, fue depuesto e impurificado en 1823 a causa de una delación que le atribuía pertenecer a una sociedad masónica. Cuatro años más tarde se le levantó la impurificación, muriendo en la reserva. [MSS]

Munibe, Ramón María de (Azcoitia, Guipúzcoa, 1751-1774). Químico y metalurgista. Hijo del Conde de Peñaflorida (el fundador de la Sociedad de Amigos del País de Guipúzcoa y del Real Seminario Patriótico de Vergara), fue el primer español con unos conocimientos químicos enciclopédicos, malogrados por su temprana muerte. El 1768 concluyó sus estudios en el Seminario de Vergara y salió a completarlos a Europa, visitando acreditados centros de enseñanza, fábricas y talleres metalúrgicos. En París siguió el curso de François Rouelle, cuyas notas remitió a Vergara junto con una gran cantidad de información sobre los adelantos científicos y metalúrgicos que hallaba en su periplo. El viaje continuó por Holanda, Dinamarca y Austria, donde en 1772 fue el primer alumno español admitido por la escuela de minas de Freiberg, en cuyo Instituto fue recibido; en Suecia aprendió las técnicas analíticas de Axel Cronsted y tradujo su famoso *Ensayo de Mineralogía*, siendo nombrado académico de la Real de Ciencias de Estocolmo. El viaje finalizó en Italia. Desde cada uno de esos países fue remitiendo informes, planos y descripciones de procesos. Fue nombrado secretario perpetuo de la Sociedad Vascongada, tomando parte en su actividad docente y quizá en los estudios sobre el platino. [SVT]

Mut, Vicente (Palma de Mallorca, 1614-1687). Sargento mayor de la ciudad de Palma, contador e ingeniero. Desde 1641 fue también cronista general de Mallorca. En su *Tratado de arquitectura militar* (1664) figura el primer intento de incorporar la cinemática galileana para el estudio del tiro de proyectiles, y las primeras referencias a la nueva mecánica de toda la literatura española del siglo XVII. Publicó tres obras de astronomía: *De sote alfonsino restituto* (1649), *Observationes motuum caelestium* (1666) y *Cometarum anni MDCLXV* (1666). La primera es una investigación acerca del diámetro del sol, de su paralaje y de la anchura de la sombra terrestre. *Cometarum* es un trabajo dedicado a los cometas de 1664 y 1665, en el que Mut avanza la hipótesis de una trayectoria para el cometa de 1664 no rectilínea sino parabólica. En las *Observationes* destaca la descripción de los movimientos planetarios según la hipótesis elíptica simple de Bouillau-Ward, y la discusión de las rectificaciones de Bouillau sobre esta hipótesis. [VNB]

Navarro de Viana y Búfalo, Juan José, Marqués de la Victoria (Mesina, Italia, 1687 – ?, 1772). Marino. Hasta 1698 hay un vacío en las noticias sobre su vida; se sabe únicamente que cursó humanidades, filosofía y matemáticas. Tuvo una brillante carrera militar, ingresando en la armada en 1717. Fue herido en el combate de Sicié o Tolón, y por su actuación el rey le promovió al empleo de teniente general y le otorgó el título de marqués de la Victoria. Preparó un tratado sobre evoluciones, otro sobre teoría y práctica de maniobras (1739), y un código de señales para regir los movimientos de las escuadras (1765). Publicó *El Capitán de Navío de guerra instruido en las ciencias y obligaciones de su empleo* (Cádiz, 1725). En 1740 concluyó su tomo de *Geografía Nueva y método breve y fácil para aprenderla*, y en 1756, su *Diccionario demostrativo de la configuración y anatomía de toda la arquitectura naval moderna*, del que ya había presentado sus fundamentos en 1740, cuando ingresó en la Real Academia Española. Fue capitán general de la armada española. [JSC]

Navarro Mas i Marquet, Josep Albert (†Barcelona, 1814). Hacendado y agrónomo. Estudió derecho y ejerció en la Audiencia de Barcelona. Durante la Guerra de la Independencia ocupó diversos cargos políticos en la organización de la resistencia. Poseía abundantes tierras en Sants, donde realizaba sus experimentos y observaciones. En 1766 ingresó en la Academia de Artes y Ciencias de Barcelona, de la que fue censor (1767-1799) y presidente de la dirección de Agricultura (1768-1802), y donde defendió 18 memorias, en su mayor parte sobre viticultura y enología. Publicó *Sobre las utilidades de la colza* (1773), *Sobre la bonificación de los vinos* (1784), S*obre una nueva planta llamada raíz de la miseria* [nabo] (1788) y S*obre la viña en el Principado de Cataluña* (1797). [JCP]

Nordenflicht, Thaddeus von, barón de (Suecia, 1748 – Madrid, 1815). Metalurgista, mineralogista. Trabajó en Polonia y en 1788 pasó a dirigir, como experto en minería, la expedición a Perú que promovió la Corona, a través del ministro Gálvez, para tratar de paliar la decadencia de sus explotaciones mineras con la aplicación de los avances registrados en la materia en Europa central. Llegada la expedición a Potosí en 1789, el sueco comenzó por ensayar el nuevo beneficio de amalgamación con barriles, pero topó con muchos problemas, entre ellos la cerrada oposición de los empresarios mineros y su magra capacidad de inversión, así como la escasa financiación por parte de la Corona. Fracasadas sus gestiones en Potosí, se trasladó a Lima, donde impulsó la construcción de un laboratorio para ensayos y una Escuela de Mineralogía, inexistente en Perú. También aquí la oposición de los mineros fue absoluta. Después de diez años de permanencia en el país, Nordenflicht no logró su objetivo, que era incrementar la producción de plata. En 1798 pedía autorización para regresar a Europa y en 1807 la expedición se daba por concluida. El virrey de Lima emitía en 1794 su visión de la experiencia, una de las más lúcidas en relación con el mineralogista sueco: decía que el barón, aunque poseía elevados conocimientos teóricos, ignoraba la práctica, no conocía los metales del país, muy diferentes de los centroeuropeos, lo que le llevaba a errar en todas sus operaciones. [JSG]

Ochoa y de Alba, Diego de (Valtuille de Arriba, León, 1742 – Vega de Valdetronco, Valladolid, 1805). Arquitecto e ingeniero. Hijo de agricultores de condición hidalga, aunque modestos y analfabetos, de su educación se ocupó un tío suyo, párroco en Mózar (Zamora), de quien heredó un pequeño patrimonio con la condición de que prosiguiera en sus estudios. Probablemente llegó a trabajar como albañil y maestro de obras, decidiendo a los 22 años estudiar arquitectura en la Academia de San Fernando, donde sobrevivió gracias a pensiones y premios (1764-1770), mostrando gran afición a las matemáticas. En 1770 solicitó el título de académico de mérito, pero los vocales se lo denegaron e, insólitamente, Ochoa se enfrentó a la Academia. Trabajó con Juan de Villanueva en las obras del Real Sitio de El Escorial entre 1770 y 1776, fecha en que finalmente fue nombrado académico de mérito. En 1778 se puso al servicio del Consejo Real de Castilla, que le nombró maestro de obras de todas las fábricas de puentes y caminos de la jurisdicción de Haro. Reconstruyó, proyectó o informó sobre muchos puentes en toda la Península: Briñas, Castrogonzalo, Logroño, Nájera, Villafranca del

Bierzo, Vigo, Málaga, Santo Domingo de la Calzada o Calahorra, entre otros. Soltero, la muerte le sorprendió volviendo a su casa de Castrogonzalo, tras realizar un informe sobre unas obras en el puente romano de Alcántara. Dejó su herencia para que se fundase una escuela en Valtuille de Arriba, pero, consumida en disputas legales, no se pudo cumplir su noble propósito. [MSS]

Omerique, Hugo de (Sanlúcar de Barrameda, Cádiz, 1634 – ?, post. 1691). Matemático. Desde antes de 1689 vivía en Cádiz y en época no precisada debió de estar en Madrid, donde entró en relación con el príncipe Rogerio Ventimiglia. Mantuvo una relación estrecha con Jacobo Kresa y con los matemáticos del colegio jesuítico de Cádiz. De sus obras sólo se ha conservado la primera parte del *Análisis Geométrica* (Cádiz, 1698), una de las obras de matemáticas más importantes publicadas en la España del siglo XVII, y unas tablas de logaritmos. La obra de Omerique mereció el elogio de Newton por su contribucion a restaurar «el análisis de los antiguos». Trata de la resolución de problemas geométricos mediante el método analítico. La obra lleva una «censura» de Kresa y dos «juicios» José de Cañas y Carlos Powell, profesores del colegio jesuítico de Cádiz. Incluye, además, un pequeño tratado titulado *Algorithmus rationum* de Powell. [VNB]

Ordóñez de Montalvo, Juan. Metalurgista, mineralogista. Nació en Tulancingo (México) y vivió en la primera mitad del siglo XVIII. Fue sacerdote, profesor de teología en el Colegio de San Ildefonso mexicano y capellán del conde de Regla, uno de los más importantes empresarios mineros del siglo XVIII. A mediados de la centuria, Ordóñez de Montalvo dirigía las haciendas mineras de Guarca y la muy relevante de Real del Monte. A él se deben innovaciones y mejoras en una variante del procedimiento de amalgamación, la practicada en caliente, ideada un siglo antes por Álvaro Alonso Barba y poco difundida en América. La aportación de Ordóñez aparece descrita en una obra que sale de prensas en México en 1758, el *Arte o nuevo modo de beneficiar los metales de oro y plata y de plata con ley de oro por azogue...*, y consistía esencialmente en la adición de cal en el procedimiento conocido, lo que lo facilitaba y aceleraba. [JSG]

Ortiz y Sanz, José (? – Madrid, 1822). Erudito sacerdote valenciano, estudioso de la Antigüedad y traductor de tratados de arquitectura. Académico de honor de la Real de San Fernando (1787), en 1806 fue elegido académico de mérito. Estuvo pensionado por el rey para traducir los tratados de Vitrubio y de Palladio. En 1787, la Imprenta Real publicó su traducción, con abundantes notas eruditas, de los *Diez Libros de Arquitectura de M. Vitruvio Polión*, y en 1797, la de los *Cuatro Libros de Arquitectura de Andrés Palladio*, aunque sólo los dos primeros tomos. Hacia 1800, con una ayuda real, hizo un *Viaje arquitectónico anticuario de España*, cuya memoria se publicaría en Madrid en 1807. [AAN]

Padilla y Arcos, Pedro (1724-¿1807?). Ingeniero militar. Andaluz de origen, estudió matemáticas en la Academia de Orán (1740), donde servía en Infantería. Ingresó en el Cuerpo como ingeniero extraordinario (subteniente) en 1744. Entre 1750 y 1753 fue profesor de la Academia Militar y de Matemáticas de Barcelona. En 1753 figuraba como ingeniero ordinario (capitán), director de la Academia de Guardias de Corps en Alcalá de Henares. Es autor del *Curso Militar de Matemáticas, sobre las partes de esta Ciencia, para el uso de la Real Academia establecida en el Quartel de Guardias de Corps* (4 vols., Madrid, 1753-1756), del que destaca su volumen IV: *De la Geometría superior o de las curvas y los cálculos diferencial o integral y Método de Fluxiones* (1756), compuesto por dos tratados (IV y V). Según N. Cuesta Dutari, «es el primer libro de texto español hoy conocido, donde pudieron estudiar los españoles la geometría algebraica de las cónicas, y los principios del cálculo diferencial e integral». De tono bastante elemental, entre los autores que cita están Leibniz, Newton y McLaurin (*Tratado de las Fluxiones,* 1742). Además es fuente los *Elementa Matheseos Universae* de Ch. Wolf. La Academia de Guardias de Corps fue clausurada en 1760, según se dijo, «porque los cadetes tienen poco tiempo para estudiar». En 1762 fue ascendido a ingeniero en jefe (coronel). [MSS]

Pérez, Silvestre (Épila, Zaragoza, 1767 – Madrid, 1825). Arquitecto neoclásico. Se formó en Zaragoza con el académico Agustín Sanz. En 1781 marchó a Madrid para estudiar en la Academia de San Fernando con Ventura Rodríguez y Manuel Martín Rodríguez. En 1790 fue elegido académico de mérito y marchó pensionado a Roma, donde estudió los monumentos de la Antigüedad y concurrió a las academias de arquitectos como Camponete o Busi; tuvo amistad con José Nicolás de Azara, F. Milicia (personaje decisivo en su formación y a quien tradujo) y con Moratín. A su regreso a Madrid en 1796, fue nombrado profesor de geometría y perspectiva de San Fernando. Su primera gran obra fue el proyecto de la iglesia de Motrico (1798), en Vizcaya, y su entorno urbanístico. Secretario de la comisión de Arquitectura y vicesecretario de la Academia de San Fernando (1799-1808), en 1805 fue nombrado teniente-director de Arquitectura. Difundió el gusto neoclásico en las iglesias de Mugardos, La Coruña, Tolosa o Almagro. En 1806-1807 preparó planos para el Puerto de la Paz, junto a Bilbao, que no se llevaron a efecto, y en 1807 comenzó la iglesia de Bermeo, a la vez que reformaba casas de nobles en Madrid e intervenía en el urbanismo de la capital. Durante la ocupación napoleónica, fue nombrado arquitecto mayor de Madrid (1810) por José Bonaparte, y proyectó la unión del Palacio Real con la iglesia de San Francisco el Grande mediante una plaza cuadrada, un paso sobre un viaducto y una gran plaza circoagonal, decorada con columnas, estatuas ecuestres y arcos de triunfo. Se exilió a Francia (1812-1815) y después se instaló en las Vascongadas, proyectando el desaparecido teatro de Vitoria (1817); el Hospital de Achuri, en Bilbao; los ayuntamientos de San Sebastián y Bilbao (1819), y varias iglesias, todo dentro de un depurado neoclasicismo. En 1821 regresó a Madrid, donde murió. [AAN]

Pérez Estala, Tomás (Villel, Teruel, 1754 – Segovia, 1829). Maquinista. Artesano de formación empírica y gran habilidad, se formó en Valencia y Barcelona, tras lo que marchó a París (1766), incorporándose a un grupo de pensionados por la Junta Particular de Comercio de Barcelona. Allí permaneció trabajando en maquinaria industrial hasta finales de 1780, bajo la supervisión del cónsul de España en El Havre. En 1783 fue enviado a las minas de Almadén para inspeccionar los sistemas de extracción de agua y proponer posibles mejoras. Propuso recurrir a una máquina de vapor, cuya eficiencia había comprobado en una mina francesa. En 1786 fue a Inglaterra con la misión de adquirir máquinas de vapor. Entró en negociaciones con el empresario J. Wilkinson, que las fabricaba ilegalmente, y le compró tres máquinas de efecto simple y condensador independiente, con destino a Almadén. Las piezas llegaron a las minas en 1787, pero Pérez abandonó pronto esa tarea, ya que en 1788 marchó a Segovia para casarse con una hija del mayor empresario pañero de la ciudad. A la muerte de su suegro, en octubre de ese año, Tomás Pérez asumió la dirección de la fábrica de paños. En dos ocasiones –1799 y 1804– volvió a Almadén, y siguió de lejos el dilatadísimo proceso de montaje de la única de las tres máquinas de vapor importadas que llegó a funcionar, pero no hay constancia de que volviera a ocuparse de asuntos relacionados con las nuevas tecnologías. Sin embargo, el inventario de sus bienes revela que poseía un importante laboratorio de mecánica que incluía una máquina de vapor. [JHQ]

Pignatelli de Aragón y Moncayo, Ramón (Zaragoza, 1734-1793). Eclesiástico, gestor e "ingeniero". Tercer hijo del Conde de Fuentes, en 1740 se trasladó a Nápoles con su familia, estudiando después en el romano Colegio Clementino (1746-1753). A su regreso se doctoró en Cánones en la Universidad de Zaragoza. Al margen de las actividades ecesiásticas, fue regidor de la Sitiada (1764-1788), junta encargada del gobierno y administración de la Real Casa de la Misericordia; miembro fundador (1776) y posteriormente fugaz director de la Real Sociedad Económica Aragonesa; y rector de la Universidad de Zaragoza. Excelente gestor y hábil político, fue apoyado por el "partido aragonés" a la Secretaría de Estado (1776) frente a Floridablanca. Luchó contra la mendicidad ampliando y terminando la Real Casa de la Misericordia (1790), en la que potenció una importante industria manufacturera de paños y lonas (hilaturas de lana, estambre y cáñamo). Protector del Canal Imperial de Aragón

y del Canal Real de Tauste (1772-1793), la terminación del primero se debió a su capacidad organizativa, pues llegó a resolver tanto los problemas financieros como otros de diseño de ingeniería, neutralizando la incompetencia de algún director técnico. Pignatelli dirigió la construcción del cauce y la obra civil, y allegó las aguas a Zaragoza (1786). De pensamiento político y social reformista con matices radicales, aplicó una cierta reforma agraria en la zona regada, lo que le enfrentó con el cabildo catedralicio de Zaragoza, al que pertenecía, con la poderosa Casa de Ganaderos de Zaragoza y con elementos señalados de la nobleza (el Marqués de Ayerbe o el Duque de Villahermosa, por ejemplo). [MSS]

Piquer y Arrufat, Andrés (Fórnoles, Teruel, 1711 – Madrid, 1772). Médico y físico. Estudió en la Universidad de Valencia, donde en 1742 ganó las oposiciones a la cátedra de anatomía, poco después de resultar también vencedor en las de médico titular del Hospital General. Publicó varias obras con el objeto de ofrecer «a la juventud española» una síntesis amplia y «moderna» de los saberes médicos y sus disciplinas básicas. A este programa responde la aparición del primer volumen de su *Física moderna, racional y experimental* (1745) y de su *Lógica moderna* (1747). En 1751 se publicó *Tratado de calenturas* (1751), quizá su obra médica de mayor importancia. En su *Física*, de orientación mecanicista, usó ampliamente, además de a los divulgadores de la física cartesiana, los *Elementa Chemiae* (1732) de Boerhaave. A finales de 1751, Piquer marchó a Madrid como médico de cámara supernumerario de Fernando VI y en 1752 fue designado vicepresidente de la Real Academia Médico-Matritense (a la que pertenecía desde 1739) y entró a formar parte del tribunal del Protomedicato. Ello coincidió con un cambio profundo de su mentalidad científica, porque en su discurso *De medicinae experimentalis praestantia* (1752) atacó de frente el iatromecanismo que había seguido en su juventud y defendió una postura antisistemática: un «empirismo racional» opuesto a los sistemas cerrados y partidario de la observación. Con este cambio siguió una de las tendencias dominantes de la medicina europea de la época. Su obra alcanzó cierta difusión europea. [VNB]

Porres, Juan Manuel de (1701 – post. 1765). Artillero, matemático. Miembro del Real Cuerpo de Artillería, intervino en acciones bélicas en España, África e Italia. Ocupó elevados cargos en Andalucía, entre ellos la dirección de la Real Fundición de Artillería de Bronce de Sevilla, edificio para el que hizo, en 1757, un nuevo proyecto de ampliación con una composición de tipo axial, variando el centro de gravedad del establecimiento. Fundó y dirigió la Escuela Práctica de Artillería de Cádiz. En 1758 firmó proyectos para el Castillo de San Lorenzo de Málaga. En su correspondencia reivindica la tratadística militar española frente a los textos foráneos. [ARY]

Prosperi, Felipe (Toscana, Italia, 1689 – ?). Ingeniero militar. En 1714 era capitán de infantería al servicio de la República de Venecia, participando en la defensa de Corfú. En 1721 entró al servicio de España, en el regimiento de Milán, y en 1728 ingresó en el Cuerpo de Ingenieros Militares con el grado de ingeniero ordinario. Dos años más tarde pasó a Indias como teniente coronel e ingeniero en segunda, destinado al reino de la Nueva España. Trabajó en México y Veracruz, realizando proyectos para fortificar a ciudad y la isla de San Juan de Ulúa. En 1744 se publicó en México su obra *La gran defensa*, y poco después participó en las obras del Desagüe de México, acompañando al virrey a la visita de las obras en la laguna de Huahuetoca. En 1751 se autorizó su regreso a España, siendo destinado a Zaragoza. En 1754 se le concedió el retiro y pasó a establecerse en Italia. [HCS]

Proust, Joseph Louis (Angers, 1754-1826). Químico. Autor de la ley de las proporciones definidas, es considerado uno de los fundadores del moderno análisis químico. Contratado en 1777 por el Seminario de Vergara para impartir lecciones de química y metalurgia, publicó tres notas en los *Extractos de las Juntas Generales*. En 1780 retornó a Francia, donde se relacionó con Pilâtre de Rozier y con la aerostación. En 1786 volvió a España para enseñar en el Colegio de Artillería de Segovia, y en esa

época publicó el *Ensayo* en el que enunciaba la ley citada, así como dos volúmenes de los *Anales del Real Laboratorio de Química de Segovia*. En 1799 se le encomendó en Madrid la dirección de un laboratorio de química que era el resultado de la fusión de las dos instalaciones que antes gestionaban las Secretarías de Estado y de Hacienda. En esta etapa ejerció más actividades relacionadas con la promoción científica ante las elites cortesanas que dirigidas a la docencia e investigación. No obstante, participó con Cristiano Herrgen, Domingo Fernández y Antonio José Cavanilles en los *Anales de Ciencias Naturales*. En 1806 retornó a Francia, siendo elegido para ocupar un puesto en el Instituto de Francia. [SVT]

Rancaño de Cancio, Luis. Ingeniero militar nacido en 1752. Ingresó en el Cuerpo de Ingenieros en 1783. En 1784 fue nombrado profesor de matemáticas de la escuela que había creado la Sociedad Económica de Amigos del País de Zaragoza «para algunos jóvenes distinguidos y artesanos, según lo practicó con su real permiso antes de su fallecimiento el coronel D. Jaime Conde»; al año siguiente pasó a ser socio de mérito de la misma. Aconsejó la modificación del método establecido en 1780 para la enseñanza en esa Escuela, proponiendo como texto los *Principios de Matemáticas* de Benito Bails. El plan de estudios se organizó en cuatro cursos, acompañado de clases prácticas sobre el terreno y manejo de máquinas. Rancaño recibió también el encargo de construir máquinas de agramar cáñamo y de inspeccionar la puesta en regadío con las aguas del Canal Imperial. En 1787 publicó los *Exercicios de Matemáticas pura y mixta*, que en 1792 se reflejaron en una nueva publicación. Siendo teniente coronel, en 1800 dio a conocer un telégrafo óptico de su invención que necesitaba un buen anteojo acromático. [HCS]

Requena y Herrera, Francisco (Mazalquivir, 1743 – Madrid, 1824). Ingeniero militar, geógrafo, cartógrafo. Cadete en la Academia de Orán, en 1762 era ingeniero delineador, siendo destinado a fortificar en la costa malagueña. Dos años más tarde fue enviado a Panamá, y en América permaneció tres duras décadas. En 1769 era cartógrafo en Cartagena de Indias, pasando después a Guayaquil, donde dio forma a su *Descripción de Guayaquil* (1773). Ingeniero ordinario en 1776, a consecuencia del Tratado de San Ildefonso (1777) se le nombró Comisario de la Cuarta Partida de Límites y gobernador de Mainas, en la Amazonia, donde la penuria le obligó a consumir la dote de su esposa. Durante casi veinte años desarrolló una inmensa labor cartográfica y descriptiva. En 1785 publicó *Historia de Malinas*. Tras numerosos escritos de súplica, en 1794 se le concedió permiso para volver a la Península. En 1796, Godoy le encargó su *Mapa de parte de los virreinatos* [...] *Lima, Santa Fe y capitanía General de Caracas en la América Meridional*, al que acompañan otros siete de detalle sobre ríos como el Marañón o el Japurá, algunos visitados por primera vez por un español. Se le concedió una plaza de ministro de capa y espada del Consejo Real y Supremo de las Indias, constando como «el mejor geógrafo de las Américas». A solicitud del ministro de Estado, redactó unas elogiosas *Reflexiones de la obra de Azara*, quien a su vez se refirió a Requena como «el más instruido en aquellas partes y el más práctico». Suprimida la Comisión de Demarcación de Límites de la América meridional (1804), fue nombrado director de las obras del canal de Reus al puerto de Salou, donde le sorprendió la invasión napoleónica. En 1814 fue nombrado teniente general. Su viuda entregó al Consejo de Indias (1847) el valioso archivo familiar con mapas, planos, acuarelas, dibujos y textos diversos relativos a la Amazonia. [MSS]

Retamosa, Julián de (Cartagena, 1747 – Madrid, 1827). Marino e ingeniero de la Marina. Comenzó su carrera en Infantería, pero 1769 ingresó en la Marina. Participó en diversas acciones contra los corsarios argelinos, así como en la Jornada de Argel (1775). Teniente de fragata en 1776, al año siguiente fue ascendido a teniente de navío, ejerciendo de subinspector del arsenal de La Carraca hasta 1779, en que pasó de oficial a la Secretaría y Despacho de Marina. Se ocupó de arsenales y de construcción de buques, y sucedió como responsable de la construcción naval a José Romero Fernández de Landa en 1794. Las dificultades de la Hacienda y la guerra contra la Convención hicieron

prioritaria la reorganización del Ejército, lo que determinó la drástica decadencia de la producción y el mantenimiento naval hispanos antes de Trafalgar, aunque fue la época en la que se alcanzó su mayor nivel técnico. Entre los navíos que realizó en El Ferrol se encuentra el *Montañés*, de 74 cañones, reputado como el mejor de su clase. A veces se le atribuye un quinto período en nuestra construcción naval, pero su estilo se puede considerar como variante menor del desarrollado por Romero Landa, también denominado "español". En 1802 fue nombrado teniente general, y poco después comandante general del Cuerpo de Ingenieros de la Marina. [MSS]

Retz, Alejandro de. Ingeniero militar fallecido en 1732. Fue uno de los oficiales llegados de Flandes que se incorporaron en 1710 al ejército español, destinado en Aragón. En 1712 fue nombrado coronel e ingeniero director de las plazas de Cataluña y elaboró, entre otros, planos de las fortificaciones de Tortosa y Balaguer. En 1718 trabajaba en la Ciudadela de Barcelona, donde diseñó la iglesia y altares. En 1720 intervino en la fortificación de Pamplona, aunque su actividad siguió vinculada a Cataluña: puente en Tortosa, examen del proyecto de la Universidad de Cervera por Antonio de Montaigut, almacenes de pólvora de Montjuic, proyecto de cuartel en Barcelona, puerta del Ángel y baluartes nuevos en la muralla de Barcelona, adaptación del edificio de la Universidad para cuartel de los Estudios, proyecto del cuartel de Atarazanas, puerta de Mar, obras en la Ciudadela, conversión en cuartel del viejo convento de Agustinos Calzados y propuesta para el nuevo convento, reparación del azud de Flix, etc. En 1729 fue destinado a Cartagena, donde elaboró el primer proyecto para el arsenal, luego reformado por Feringán. [HCS]

Ribera, Pedro de (Madrid, 1683-1742). Arquitecto del pleno barroco. Se formó con Teodoro Ardemans, a quien sucedió como maestro mayor de obras del Ayuntamiento de Madrid. Fue representante destacado de la arquitectura barroca "castiza" o "churrigueresca". En 1719 proyectó el Puente de Toledo de Madrid, sobre el Manzanares, que se construyó entre 1723 y 1734; obra soberbia de ingeniería para la época, con perfiles rectos y curvos, su construcción se debió al impulso del marqués de Vadillo, corregidor de la capital. En 1720 remodeló la fachada y torre de la iglesia de Montserrat de Madrid y el gran cuartel del Conde-Duque, muy funcional y organizado en tres patios. En 1722 decoró con una teatral portada el Hospicio de San Fernando de Madrid, actual sede del Museo Municipal, superpuesta a la fachada y adornada con estípites, cortinajes y abigarrada decoración. Construyó otras iglesias madrileñas, como la de San Cayetano o la ermita de la Virgen del Puerto, y diseñó retablos y fuentes. [AAN]

Río Fernández, Andrés Manuel del (Madrid, 1765 – México, 1849). Geólogo, mineralogista, químico. Alumno de los Reales Estudios de San Isidro, ingresó en 1782 en la Escuela de Minas de Almadén, donde fue alumno de Storr. Fue pensionado para ampliar conocimientos en Europa y estudió química en París con Darcet, además de medicina e historia natural. En 1789 se trasladó a Freiberg, en cuya escuela, como los Elhuyar, fue alumno de Werner y condiscípulo de Alexander von Humboldt. Continuó estudios de minería y metalurgia en la otra gran escuela centroeuropea, la eslovaca de Schemnitz –Banská Stiavnica–, de donde viajó a Inglaterra en 1791 para visitar su industria metalúrgica. Vuelto a París se relacionó con Lavoisier y se vió obligado a huir en 1793, perseguido por la Revolución. Fue nombrado catedrático de mineralogía del nuevo Colegio de Minería de México, que entonces dirigía Fausto de Elhuyar, e inició su labor docente en 1795. Publicó sus *Elementos de Orictognosia* y en 1801, cuando realizaba ensayos, descubrió el vanadio. Por encargo de la Corona estableció en Michoacán la primera fundición de hierro y acero que existió en América. Apoyó la independencia mexicana, por lo que en ese país se le considera un científico mexicano. [JSG]

Rivas, Manuel de (Sevilla, 1758 – Madrid, 1833). Maestro relojero en la Real Fábrica de Relojería de Madrid (1788-1792), formó a dieciocho aprendices, al tiempo que intentaba ingresar en la Real

Casa y Patrimonio. En 1794, la Real Junta de Comercio y Moneda le concedió el título de examinador. Entre 1797 y 1800 se encargó del reloj de música de órgano de Carlos IV, y aspiró infructuosamente al empleo de cronometrista de la Armada. Por la calidad de sus trabajos, en 1801 fue nombrado relojero de la Real Casa y, cuatro años más tarde, relojero de Cámara. Tras la Guerra de la Independencia, su fidelidad monárquica le facilitó el reingreso al servicio de Fernando VII, que le nombró tercer relojero de Cámara en 1816, segundo en 1823 y, diez años más tarde, coronó su carrera como primer relojero. [AMR]

Rocha Carrera, Francisco (Monzón, Huesca, 1766 – Zaragoza, 1809). Arquitecto. Se inició en la construcción con su padre, maestro de obras, y en las matemáticas y geometría con los ingenieros militares destinados en el castillo de Monzón (Huesca). En 1781 marchó a Zaragoza, donde fue alumno de Agustín Sanz. Pasó en 1789 a estudiar arquitectura a la Academia de San Fernando de Madrid, asumiendo un neoclasicismo que luego divulgaría en Zaragoza. En 1793 fue nombrado director de Arquitectura de la recién creada Real Academia de Bellas Artes de San Luis de Zaragoza, y elegido académico de mérito por la de San Fernando. Se dedicó fundamentalmente a la enseñanza. Realizó visuras y peritaciones en las obras de la basílica del Pilar, del estado de la Torre Nueva, y de acequias y canales. Proyectó una Casa de Misericordia u Hospicio para Teruel (1797); planos para la iglesia de Ballobar (Huesca), en 1798; una reforma, no realizada, del monasterio de Sijena (Huesca), en 1804; y el tabernáculo y altar mayor de la colegiata de Alcañiz (Teruel), en 1800. Su prematura muerte, a causa de la epidemia de tifus que asoló Zaragoza durante el Segundo Sitio de las tropas napoleónicas, cortó una carrera muy brillante. [AAN]

Rodolphe, Sebastián. Ingeniero militar. Ingeniero extraordinario en la promoción de 1726, ascendió a ingeniero ordinario en 1739. Elaboró, junto con Bernardo Lana, una memoria sobre la navegabilidad del Ebro desde Zaragoza, e intervino en el trazado del camino por el puerto de Retascón, en Daroca (1742), en el proyecto del camino desde Burgos a Laredo, Santoña y Santander, así como de un cuartel en Burgos (1748). En 1757 reconoció con Bernardo Lana y bajo la dirección del conde de Aranda el Canal Imperial de Aragón. En 1765 era ingeniero jefe destinado en Zaragoza. [HCS]

Rodríguez Tizón, Ventura (Ciempozuelos, Madrid, 1717 – Madrid, 1785). Arquitecto y profesor. Ecléctico y versátil, fue considerado el restaurador de la arquitectura española y el arquitecto de mayor influjo de todo el siglo XVIII español. Comenzó su formación en Aranjuez con Esteban Marchand, y fue ayudante de Galuzzi. Juvarra, a su llegada a España en 1735 para proyectar el Palacio Real Nuevo de Madrid, le nombró ayudante y delineador. A la muerte de éste, Rodríguez trabajó a las órdenes de Sacchetti en dichas obras (1738-1760), de las que fue nombrado en 1741 aparejador segundo. Profesor sustituto de arquitectura en la Academia preparatoria de la que sería Real Academia de San Fernando, con su fundación en 1752 fue nombrado director de Arquitectura. Durante dos mandatos (1766-69 y 1775-78) fue director general de esta institución. La Academia de San Lucas de Roma le había nombrado académico de mérito en 1747. Fue maestro mayor del Ayuntamiento de Madrid (1764), supervisor de obras del Consejo de Castilla (1766), maestro mayor de la catedral de Toledo y arquitecto del infante Don Luis de Borbón. Pero en las obras reales fue postergado por Carlos III, que prefirió a Sabatini. Dotado de singular talento y capacidad de trabajo, proyectó todo tipo de edificios y obras públicas. En su primera etapa, además de trabajar en el Palacio Real, construyó las iglesias madrileñas de San Marcos (1749-53) y del convento de la Encarnación (1755), y proyectó la soberbia Santa Capilla del Pilar (1750) de Zaragoza, dentro de un barroco clasicista. A partir de la década de 1760 su arquitectura se fue haciendo más severa y clasicista, debido al influjo de El Escorial, destacando el Real Colegio de Cirugía de Barcelona (1761), el convento e iglesia de Agustinos de Valladolid (1760 y ss.) y la iglesia del monasterio de Silos. Proporcionó planos para iglesias, hospitales, casas consistoriales, cuarteles, puentes y acueductos (Noaín) para toda España, construidos por discípulos

suyos. También diseñó las fuentes de Cibeles, Apolo y Neptuno para el Salón del Prado de Madrid. En la última etapa de su vida acentuó la orientación clasicista de su arquitectura, ya neoclásica, en el proyecto para el santuario de Covadonga (1779), que no se hizo, o en la fachada de la catedral de Pamplona (1783), basada en modelos templarios romanos. [AAN]

Romero Fernández de Landa, José (Galarosa, Sevilla, 1735 – Madrid, 1807). Marino e ingeniero de Marina. Ingresó en la Armada en 1754, en cuya Academia había establecido relación con Jorge Juan, que se mantendrá a lo largo de los años. En 1765 fue destinado a Guarnizo, bajo la dirección del ingeniero Francisco Gautier, donde se instruyó en la construcción naval. En 1768 fue destinado al astillero Esteiro de El Ferrol. Dos años se incorporó al Cuerpo de Ingenieros de Marina. Para resolver el problema del control de las dimensiones de las maderas destinadas a la construcción naval, elaboró un reglamento en el que se sistematizan las características de las maderas más importantes de la estructura del barco y que se publicó en 1784 con el título *Reglamento de maneras necesarias para la fábrica de los baxeles del rey y demás atenciones de sus arsenales y departamentos*. En 1782 se aceptó la solicitud de retiro que había formulado en varias ocasiones Gautier, sucediéndole Romero como ingeniero director del astillero de El Ferrol e ingeniero general interino, inaugurándose el denominado "periodo español" en la construcción de navíos (1782-1805), época en la que se llegó a afirmar que «este ramo del servicio naval llegó a su grado de perfección superior, porque realmente desde entonces nada tenían que envidiar nuestros navíos a los mejores de otras marinas». En 1786 fue nombrado ingeniero general de marina, ascendiendo a jefe de escuadra en 1789, momento en que comenzó su declive, al ser postergado a tareas burocráticas. [VCC]

Roncali y Destefanis, Juan Miguel de (Cádiz, 1729 – Cornellá, Barcelona, 1794). Ingeniero militar. Conde de Roncali, en 1747 entró en el ejército como guardia de Corps. Estudió matemáticas e ingeniería militar (1750-1753). En 1753, como teniente-capitán de ingenieros, fue destinado a trabajar en el Canal de Castilla. Después pasó siete años en América, renovando los fuertes de Puerto Cabello (Venezuela). En 1760 volvió a Cataluña como director de ingenieros y fortificaciones, perfeccionando las defensas del castillo de Montjuich. Retornó a América, a la Capitanía General de Venezuela, como jefe de ingenieros militares. En 1774 era ingeniero encargado del detalle de la plaza y castillo de Figueras, e ingeniero en segunda en 1778. Participó en los sitios de Gibraltar y Argel (1783), en este último ya como brigadier. A partir de 1785 trabajó en Barcelona proyectando cuarteles, acabando las defensas del castillo de Montjuich y reconstruyendo el edificio de la Capitanía General. En 1792, durante pocos meses, fue secretario (ministro) de Hacienda de Carlos IV, en el gobierno del conde de Aranda, y trazó y dirigió las obras de la Aduana de Barcelona (1792-1794), actual Delegación del Gobierno, pero la solución arquitectónica ya anticuada que dio al edificio le reportó bastantes críticas, por lo que solicitó su dimisión y retiro a Cornellá, donde murió poco después. [AAN]

Rostriaga, Diego (Castilforte, Guadalajara, 1723 – Madrid, 1783). Ingeniero y constructor de instrumentos científicos. Estudió en Madrid, en el Convento Real de Atocha, e ingresó como oficial en el obrador de Fernando Nizet, el más famoso relojero del reinado de Fernando VI. Construyó relojes y aparatos de física para la Real Casa y Patrimonio, la Casa de la Aduana y el convento de San Pascual en Aranjuez. Activo como instrumentista desde 1762, cuando el Conde de Gazola le encargó la realización de instrumentos para la enseñanza de las matemáticas en el Real Colegio de Artillería de Segovia. Carlos III le nombró «Ingeniero de instrumentos de Física y Matemáticas» en 1764, y Jorge Juan le designó primer maquinista de física del Real Seminario de Nobles. Pasaría luego a los Reales Estudios de San Isidro, fundados en 1770, donde dirigió la realización del gabinete hispano de física experimental más importante del siglo. Cooperó en la realización de la Colección Real de Instrumentos de Mineralogía y realizó trabajos para las Minas de Almadén. Bajo la supervisión de Jorge Juan y de Julián Sánchez Bort, entre 1770 y 1772 participó decisivamente en la construcción de las dos máquinas de

vapor de tipo *Newcomen* que sirvieron para achicar agua en los diques de carenar de Cartagena, las primeras que funcionaron satisfactoriamente en España (en 1773 y 1774). Socio de Mérito de la Económica Matritense, se integró en su sección de Artes y Oficios, participando en varias comisiones entre 1776 y 1780. [AMR]

Rovira y Merí, Hipólito (Valencia, 1693-1765). Pintor, dibujante y grabador rococó. Hijo del escultor Vicente Rovira, fue alumno de Evaristo Muñoz en Valencia. Marchó a Roma en 1723 para perfeccionarse con Sebastiano Conca y Corrado Giaquinto. Su vida descuidada, con vigilias, mala alimentación, incomodidades y exceso de trabajo, le debilitó las fuerzas y la mente. Trastornado, regresó a Valencia, dedicándose a hacer grabados para libros de devoción. También retrató al marqués de Dos Aguas, para cuyo palacio diseñó la portada (hecha entre 1740 y 1744), en la que desarrolló una ornamentación sinuosa, vegetal y de rocalla; presenta figuras inspiradas en modelos berninescos, con un programa alegórico complejo, relacionado con la familia poseedora del palacio y con la fertilidad de la huerta valenciana. De la escultura de la portada se encargaron Francisco Vergara y Luis Domingo. Rovira también ejecutó pinturas al fresco en el interior. [AAN]

Sabatini, Francisco (Palermo, Italia, 1721 – Madrid, 1797). Ingeniero militar, artillero y arquitecto. Estudió humanidades, filosofía, y matemáticas, y se tituló en arquitectura en la Academia de San Lucas de Roma. Fue segundo director de las obras del Palacio Real de Caserta, en Nápoles, a las órdenes de Luigi Vanvitelli, y realizó los proyectos del Cuartel de Caballería del Puente de la Magdalena y la Real Fábrica de Armas de Torre Annunziata. Oficial de artillería en Nápoles, en 1760 llegó a España. Ingresó en el Real Cuerpo de Ingenieros Militares y pasó a dirigir las obras del nuevo Palacio Real de Madrid. Fue académico de honor y mérito en la Real de San Fernando. Vinculado a las reformas efectuadas en la Corte, elaboró los proyectos para la Real Aduana, Puerta de Alcalá y para el Hospital General de Atocha, e intervino en la fachada de la iglesia de San Francisco el Grande. Trabajó (1765-1770) en las obras del Real Sitio de Aranjuez y en la ampliación del Palacio del Real Sitio del Pardo. Intervino también en el Real Sitio de la Casa de Campo y Real Fábrica de Tapices. Realizó un proyecto para el Jardín Botánico del Paseo del Prado, cuyas obras únicamente se comenzaron. En 1783 realizó el del Convento de Santa Ana de Valladolid, y en 1786, el del Colegio de Cirugía de Madrid. Su carrera en el Real Cuerpo de Ingenieros Militares no fue menos intensa. En 1774 fue nombrado Director y Comandante del Ramo de Caminos, Puentes, Edificios de Arquitectura Civil y Canales de Riego y Navegación, proyectando ese año la Real Fábrica de Espadas de Toledo, y poco después consiguió la dirección de obras de la Marina del Departamento de Cádiz. Bajo su mando quedaron las obras de canales, nuevas poblaciones de la Isla de León y Sierra Morena, barrio nuevo de Santander y, entre otros cuarteles, los de San Gil y Leganés, en Madrid. En 1791 obtuvo el mando unificado del Real Cuerpo y el título de Ingeniero General, y en 1795, el de Inspector General. De gustos evidentemente tardobarrocos, desarrolló lenguajes arquitectónicos alternativos. Formado con su suegro, Luigi Vanvitelli, en las obras del palacio de Caserta, alternó la severidad de éste con una profunda admiración por la arquitectura, más concisa, de Ferdinando Fuga. Si en alguna ocasión siguió el clasicismo barroco e incluso el neoclasicismo francés, evidenció, eventualmente, un profundo respeto por el clasicismo renacentista español. [ARY]

Sacchetti, Giovanni Battista (Turín, ? – Madrid, 1764). Arquitecto. Formado con Filippo Juvarra, pasó a Madrid en 1736 para construir el Palacio Real Nuevo que su maestro había proyectado y que él modificaría. Su primera actuación en España fue la construcción de la fachada oriental, que da a los jardines, del Palacio Real de La Granja de San Ildefonso (Segovia), también proyectada por Juvarra. Después reformó el proyecto de éste para el Palacio Real de Madrid, pues tuvo que adaptarlo al solar que había ocupado el antiguo Alcázar de los Austrias y a los declives del terreno. Para ello, lo convirtió en cuadrilátero y lo recreció en altura, con tres pisos, organizando el conjunto en torno a un patio central,

con saledizos. Las obras, a las que dedicó el resto de su vida hasta su jubilación en 1760, comenzaron en 1737, y su construcción fue una auténtica academia de aprendizaje para muchos arquitectos, entre ellos Ventura Rodríguez y José de Hermosilla. Fue maestro mayor de las obras reales desde 1739 y de la villa de Madrid. En 1752 fue nombrado director honorario de Arquitectura de la Real Academia de San Fernando. [AAN]

Sala, Ignacio. Ingeniero militar. En 1711 es ingeniero en segunda y capitán destinado en Cataluña. Nombrado ingeniero en jefe y coronel, trabajó en las obras de La Carraca y en el proyecto general para la fortificación de Cádiz, de cuyas obras fue ingeniero director. En 1728 realizó el plano de parte de la ciudad de Sevilla y arrabal de Triana con el sitio elegido para la nueva fábrica de tabacos, y elaboró el proyecto de la misma. Levantó también planos de la aduana y de otros edificios reales, de los nuevos cuarteles según el proyecto general de Verboom, interviniendo en todos los que se proyectaron en aquellos años en Andalucía. Participó o informó sobre proyectos en otras obras, como las previstas en Algeciras, Badajoz, Sanlúcar de Barrameda y Ayamonte. Emitió informes sobre las fortificaciones proyectadas en Venezela. En 1742 se publicó en Cádiz su *Tratado de defensa de las plazas que escribió M. de Vauban*, y poco después trabajaba en el *Tratado de la seguridad y conservación de los estados por el medio de las fortalezas, que escribió M. de Maigret* y en otras obras que quedaron manuscritas. Destinado en 1748 a Cartagena de Indias como gobernador de la plaza, realizó una importante labor en las fortificaciones de dicha ciudad y de Portobelo. Murió en 1755. [HCS]

Salvà i Campillo, Francesc (Barcelona, 1751-1828). Médico, físico e ingeniero. Estudió medicina en la Universidad de Valencia y en 1771 obtuvo el grado de bachiller en la de Huesca. Se doctoró en Toulouse, título que revalidó en Huesca. En Barcelona ejerció la medicina y se dedicó al estudio y la investigación, partiendo de la magnífica biblioteca de su familia. En 1773 ingresó en la Academia Médico-Práctica de Barcelona. En 1783 publicó su proyecto de máquina de agramar cáñamo junto con Francesc Santponç y el artesano Pere Gamell. En 1786 ingresó en la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona. El 1 de octubre de 1792 publicó sus observaciones meteorológicas en el primer número del *Diario de Barcelona*, iniciando la serie de medidas más antigua en Cataluña. Entre 1796 y 1799 residió en Madrid gestionando la creación de una cátedra de medicina clínica en Barcelona, en contraposición con las enseñanzas del Colegio de Cirugía y de la Universidad de Cervera. Salvà es conocido por sus trabajos sobre electricidad, que datan de 1788. Vio la posibilidad de transmitir información gracias a ella, con lo que es uno de los pioneros de la telegrafía eléctrica. Su memoria de 1795, *Sobre la electricidad aplicada a la telegrafía*, fue conocida ampliamente en Europa, lo mismo que otras posteriores a 1800, aplicando la pila de Volta. [ARR]

Sánchez Bort, Julián (Cuenca, 1725 – Cádiz, 1785). Arquitecto e ingeniero en la Marina. Fue uno de los primeros discípulos de la Real Academia de San Fernando, que en 1751 y 1752 completó estudios en París y La Haya, visitando diversos puertos y arsenales franceses y holandeses. Especializado en arquitectura hidráulica, en 1754, fue destinado al Departamento de Marina de El Ferrol, hasta 1771. Primero como auxiliar de Jorge Juan y después como director del Arsenal en sustitución del ingeniero militar F. Llobet. Proyectó y dirigió buena parte de sus defensas, así como obras en el Arsenal; perfeccionó el barrio de la Magdalena, que había trazado Jorge Juan. Académico de mérito por la Real de San Fernando (1758), viajó por Francia y Holanda para visitar obras portuarias. Se aplicó también a la arquitectura civil, muy influido por Ventura Rodríguez, como se comprueba en la fachada de la catedral de Lugo (1769), que trazó. También se dedicó a la ingeniería hidráulica, pues en 1775-1776 se hizo cargo del proyecto del Canal Imperial de Aragón a instancias de Pignatelli y con permiso real, y rectificó el proyecto de Krayenhoff. Merced al proyecto de Sánchez Bort se abandonó la presa aguas arriba de Tudela para bajarla al Bocal. Trazó el acueducto sobre el Jalón y, de acuerdo con Pignatelli, estableció los criterios y normas a seguir para la construcción de dicho canal. Construyó diques en el

arsenal de La Carraca, y otras fortificaciones en San Sebastián y Cartagena. A la muerte de Jorge Juan, se responsabilizó de la puesta en marcha de las primeras máquinas de vapor que funcionaron satisfactoriamente en España, para achicar agua en los diques de carenar de Cartagena (1773-74). Miembro del Cuerpo de ingenieros de la Marina, murió siendo el director del arsenal de La Carraca (Cádiz), con el rango de capitán de navío. [AAN]

Sánchez Taramas, Miguel (Ceuta, 1733 – ?). Ingeniero militar. En 1769 se imprimió su traducción del *Tratado de fortificación escrito en inglés por Juan Muller*, profesor de la Escuela de Woolwich, acompañada de amplias anotaciones, y que sería utilizada tanto por ingenieros como por arquitectos y maestros de obras. En 1773 era ingeniero en Tarragona, y al año siguiente fue nombrado profesor de la Academia de Matemáticas de Barcelona, de la que sería director de 1784 a 1789. En 1790 estaba en la comandancia del ramo de fortificaciones en Tortosa, en 1795 pasa de Figueras a Hostalrrich, y en los años siguientes realizó obras en varias ciudades de Cataluña y Mallorca. [HCS]

Sanponts. Véase Santponç i Roca, Francesc.

Santángelo o Sant Angelo, Marqués de. Véase Médicis, Juan de.

Santans y Tapia, Juan de. Ingeniero español en el ejército de Flandes. En los años 40 del siglo XVII había proyectado fortificaciones en Galicia y en la frontera de Castilla con Portugal. En 1644 publicó en Bruselas su *Tratado de fortificacion militar destos tiempos breve e intelegible puesto en uso en estos estados de Flandes.* [FCG]

Santponç i Roca, Francesc (Barcelona, 1756-1821). Médico e ingeniero. Bachiller en artes y en medicina por la Universidad de Cervera, obtuvo el título de médico en Barcelona en 1779. En 1780 realizó un viaje de estudios a Francia, visitando Toulouse, Montpellier y París. Miembro de la Real Academia Médico-Práctica de Barcelona (1780), pronto combinó sus intereses médicos con la mecánica. Con Francesc Salvà i Campillo, y la colaboración del artesano Pere Gamell, construyó una máquina que reducía el polvo generado en el agramado del cáñamo y el lino y que afectaba a las vías respiratorias. Admitido en la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona en 1786, se incorporó a la dirección de Estática e Hidrostática; presentó comunicaciones sobre aplicaciones de las máquinas (torno, molino, máquina de vapor), transporte en canales y cuestiones de mecánica teórica. Estaba interesado por las nuevas orientaciones de la física, principalmente por sus aplicaciones a ingenios mecánicos. Entre 1786 y 1793 presentó cinco memorias sobre mecánica a la Academia. Con el apoyo del industrial Jacint Ramon construyó una máquina de vapor de doble efecto, basándose en textos de Bélidor y Prony, que a su vez se basaban en la memoria de Betancourt a la Académie des Sciences de París. Tras la Guerra de la Independencia siguió al frente de la Escuela de Mecánica barcelonesa, de la que fue profesor desde 1807 hasta su muerte. [ARR]

Sanz Alós, Agustín (Zaragoza, 1724-1801). Arquitecto. Estudió con Julián Yarza en Zaragoza, pero sus mayores progresos los hizo a las órdenes de Ventura Rodríguez en las obras de la Santa Capilla del Pilar, asimilando el lenguaje del barroco clasicista. Fue académico de mérito de la Real de San Fernando (1775). Como profesor en la Academia de Dibujo, primero, y en la de Bellas Artes de San Luis de Zaragoza, después, divulgó las ideas arquitectónicas de Ventura Rodríguez a sus discípulos, entre ellos a Silvestre Pérez, Francisco Rocha, Tiburcio del Caso o su hijo Matías Sanz. Fue arquitecto del duque de Híjar, para quien reformó la iglesia de La Puebla de Híjar, en 1776, y proyectó las de de Urrea de Gaén y Vinaceite (ejecutadas entre 1776 y 1782), así como la de Clamosa. En Zaragoza proyectó y construyó la iglesia de Santa Cruz (1768-1780), en colaboración con Julián Yarza y Cevallos. Empresa de mayores dimensiones fue la parroquial de Épila, iniciada en 1782 y concluida por su hijo Matías.

También es autor de las iglesias de Fraga y Sariñena. Edificó en Zaragoza la Casa de Infantes (1785-1787); el molino de aceite de Goicoechea (1785-1789); la Puerta del Carmen (c. 1787-1790 y 1792-1794) y el Cuartel de Infantería de Convalecientes (1793). También proyectó obras de ingeniería, como el Pretil del Ebro (1789), y puentes para diversos lugares de Aragón y Cataluña, así como posadas (Ateca, Borja). [AAN]

Seixo, Vicente del (Orense, 1747 – ?). Agrónomo. Bachiller en leyes por la Universidad de Valladolid y en cánones por la de Salamanca. Miembro de la Sociedad Económica Matritense, defendió la protección del arbolado, la extensión del cultivo del maíz en las zonas húmedas, el fomento del ganado vacuno y los plantíos de moreras para estimular la cría del gusano de seda y el desarrollo de la apicultura como industrias rurales auxiliares. Proponía que en las escuelas se diese prioridad a la lectura de cartillas agrícolas para fomentar la "nueva" agricultura entre los jóvenes. Escribió sobre la figura de la mujer en el campo, el ganado vacuno, el cultivo de los olivos y la recolección de las aceitunas y sobre la cría de cabras y cerdos. Publicó *Lecciones prácticas de Agricultura* (Madrid, 1792-1795, cinco volúmenes), *Reflexiones sobre los progresos de agricultura y pastoría* (Madrid, 1797) y *Tratado práctico o pastoría de las colmenas* (Madrid, 1797). [JCP]

Serrano, Manuel. Arquitecto fallecido en 1787. Hijo del arquitecto del mismo nombre (autor de las iglesias de Renedo y Rueda, en Valladolid, y de la de los Franciscanos de Sigüenza), colaboró con Jaime Marquet en las obras del Real Palacio de Aranjuez entre 1759 y 1770. En 1767 obtuvo el cargo de aparejador y delineador de ese Real Sitio, y en 1774, el título de académico de mérito de la Real de San Fernando de Madrid. Según el testimonio de Llaguno, dirigió las obras del Real Sitio de Aranjuez, proyectando el puente final de la calle de la Reina y el Hospital de San Carlos (1776). Intervino en la construcción de la Casa de Infantes y de las casas de campo del Príncipe de Asturias y del infante Don Gabriel. En 1784 firmó los proyectos para una Fábrica de Lencería y Pintados en el Real Sitio, cuya construcción se había ya comenzado, y al año siguiente realizó obras hidráulicas en Murcia, en el río Segura, por orden de Floridablanca. [ARY]

Sevilla Cabarga, Gregorio (Zaragoza, h. 1742-1782). Escultor y arquitecto. Tuvo una primera actividad profesional como escultor y arquitecto de retablos, para dedicarse a partir de 1772 también a la arquitectura. Tras el nombramiento de Ramón de Pignatelli como Protector de Canal Imperial de Aragón (1772), se incorporó como delineador al equipo técnico de las obras, realizando planos entre 1773 y 1781. Por encargo de Pignatelli hizo los planos del Hospicio o Real Casa de Misericordia de Zaragoza, por los que fue creado académico de mérito de San Fernando en 1774. Su trabajo en el Canal Imperial fue intenso, colaborando con el ingeniero militar Joaquín Villanova y, cuando Pignatelli asumió la responsabilidad técnica de las obras a partir de 1778, actuó como director facultativo a las órdenes de Pignatelli. En 1778 proyectó la Casa de Compuertas en el Bocal de Fontellas, donde el canal toma las aguas del Ebro, edificio funcionalista y sobrio, como todas las construcciones y obras del canal. En 1778-79 fue uno de los directores de Arquitectura de la Academia de Dibujo de Zaragoza. [AAN]

Sicre, Jorge (Barcelona, 1731-1783). Ingeniero militar. En 1752 se dedicó al levantamiento del mapa topográfico de los montes reales en El Pardo, y luego a la formación del mapa y nivelación general de los campos de Castilla para la construcción del canal, trabajando en todos los reconocimientos que se hicieron del origen de los ríos, nivelaciones y mapas particulares. En 1760, tras su ascenso a ingeniero ordinario, pasó al Real Sitio de Aranjuez, donde dirigió las obras que allí se realizaban. Luego marchó a Navarra, como encargado del azud de la acequia Imperial, y fue enviado luego al ejército de Castilla: participó en la campaña de Portugal (1762) y puso en estado de defensa el fuerte de la Concepción. En 1763 fue destinado a Cataluña, donde tuvo a su cargo la fortificación de Mont-

juic y la relación de las obras de Barcelona. En 1765 se le dio el mando del castillo de San Fernando de Figueras, y al año siguiente, destinado a Madrid, fue comisionado para formar un proyecto de conducción de agua desde el Jarama a la capital; poco después recibió el encargo de hacer regable la vega del Jarama. En 1771 quedó al mando de la Brigada de Ingenieros de Madrid, y realizó el plano de un cuartel para un regimiento de infantería en la puerta de los Pozos. Fue comisionado en 1778 para el proyecto del camino real de Zaragoza a Lérida, y enviado a Lérida para el proyecto del puente. Tuvo destinos también en la expedición de Argel, en Melilla, comandante de las Guardias Valonas y finalmente director de la Escuela Militar de Ávila. [HCS]

Sigüenza y Góngora, Carlos de (México, 1645-1700). Catedrático de matemáticas de la Universidad de México (1672) y cosmógrafo real (1680). Cultivó la astronomía, la cartografía y las matemáticas, siendo el protagonista de la renovación de estas disciplinas en la capital novohispana. Trazó un mapa de la bahía de Pensacola, tras haber participado en la expedición que recorrió en 1693 la costa del golfo de México. Su mapa de Nueva España (1675) es el primero que incluyó todo el virreinato. Como cosmógrafo, publicó almanaques que incluían cuidadosas observaciones astronómicas, así como pronósticos astrológicos. Entre sus observaciones destacan las del cometa de 1680, para las que se valió de un telescopio con micrómetro y un sextante, con motivo del cual mantuvo una polémica con Francisco Eusebio Kino, y del eclipse solar del 21 de agosto de 1691, observado con telescopio y cuadrante. Entre sus obras figura la *Libra astronómica y philosóphica* (1690), que incluye su trabajo sobre el cometa de 1680 y su polémica con Kino. Sus ideas son similares a las aceptadas por los mejores astrónomos de la orden jesuita, que habían asumido la revisión de aspectos muy importantes de la cosmología aristotélica y medieval. [VNB]

Soler y Faneca, Juan (Barcelona, 1731-1794). Arquitecto. Después de estudiar Filosofía y Humanidades, y Matemáticas con el ingeniero militar Juan Escofet, se dedicó a la arquitectura. En 1761 era maestro mayor de obras de la ciudad de Barcelona y de la Real Audiencia de Cataluña, lo que le procuró muchos encargos, bastantes de ellos de ingeniería. Construyó el puente de Tremp sobre el río Noguera Pallaresa; proyectó un canal desde Reus hasta Salou y otro de navegación y riego en Urgell; construyó un muro de defensa del puerto de Barcelona, para evitar los arrastres de las tormentas por las ramblas, y dirigió la construcción del Camino Real desde Barcelona a Madrid por tierras catalanas. Su intervención más importante fue la reedificación de la Lonja de Barcelona por encargo de la Junta de Comercio, en un proyecto (1770) que conservó e integró en el nuevo edificio la lonja gótica. Su construcción se llevó a cabo entre 1772 y 1798, obras que concluyó su hijo Tomás. Es un edificio ya neoclásico, con una innovadora fachada de pórtico-terraza avanzado y un segundo cuerpo templario con columnas de orden jónico, rematado por un frontón. [AAN]

Sonneschmidt, Federico. Metalurgista y químico. Nació y falleció en Alemania y vivió en la segunda mitad del siglo XVIII y primera década del XIX. Estuvo al frente de la expedición que, promovida por el ministerio de Gálvez, se organizó al virreinato mexicano con el fin de introducir en las minas de Nueva España los avances habidos en centroeuropa en ese campo. Sonneschmidt se dirigió a México en la penúltima década del siglo y permaneció en ultramar muchos años; pero después de numerosos ensayos y a pesar del apoyo que les prestó Fausto de Elhuyar, la misión germana, lo mismo que la dirigida al Perú, terminó en un rotundo fracaso. Contribuyeron al poco fruto de la expedición factores como la inadaptación y falta de entendimiento con los naturales y, sobre todo, algo que el propio ingeniero alemán reconoció posteriormente: que ninguna de las innovaciones que intentó adaptar mejoraba los rendimientos del procedimiento del patio. Como forma de darlo a conocer en Europa escribió una obra impresa en 1808 en la capital novohispana: el *Tratado de la amalgamación de México,* una excelente descripción de la forma en que se practicaba el procedimiento con mercurio en el México de fines de la colonia. [JSG]

Storr, Enrique Cristóbal. Ingeniero, mineralogista. Oriundo de Clausthal-Zellerfeld, en el Harz, llegó a España en 1756 como «ingeniero subterráneo». Sustituyó de forma interina a Carlos Henning Koheler, primer director de las minas de Almadén, tras el fuego declarado en 1755. Al parecer en 1759 trabajó en las minas de Linares. Nombrado director de Almadén en 1777, asumió el encargo de enseñar geometría subterránea y mineralogía, en lo que supuso la puesta en marcha de la Real Academia de Geometría Subterránea y Mineralogía, precedente de la enseñanza reglada en ingeniería de minas. Consiguió aumentar significativamente la producción de azogue. Con la ayuda de un maestro de obras diseñó la Casa de la Academia, donde debería haber vivido con los alumnos. En octubre de 1781 Carlos III le expidió el «Real título de Director o Delineador de las especificadas Minas, que os sirva también de maestro de las Ciencias de Geometría Subterránea y Mineralogía». Cesó en las direcciones de la mina y de la Academia hacia 1783, siendo jubilado contra su voluntad en 1785, por problemas de salud y por sus creencias religiosas. Falleció en Zamora en 1802. [MSS]

Subiràs i Barra, Francesc (¿Barcelona?, ¿? – Madrid, ¿1783?). Jurisconsulto, arquitecto, matemático. Obtuvo el grado de bachiller en Leyes, probablemente en la Universidad de Cervera. En 1764 formó parte del grupo de dieciséis fundadores de la Conferencia Físico-Matemática Experimental, de la que fue nombrado director «por considerarlo el más impuesto en las Ciencias Físicas, y Matemáticas». Probablemente en el mismo año se trasladó a Madrid, donde obtuvo el título de arquitecto en la Real Academia de San Fernando. Desde Madrid, en 1765, él y el médico Jaume Bonells consiguieron el reconocimiento de la entidad como Real Conferencia Física. Tras la expulsión de los jesuitas en 1767, Subirás fue nombrado director del Colegio de Cordelles de Barcelona, gestionado hasta entonces por la Compañía de Jesús. Hizo propuestas para convertir el Colegio en un centro de instrucción científica de alto nivel, partiendo de los miembros de la Conferencia. Su plan no llegó a aprobarse y el Colegio de Cordelles fue cerrado. Reclamado por Jorge Juan, en 1770 volvió a Madrid para hacerse cargo de la enseñanza de matemáticas en el Colegio de Nobles. Murió probablemente en 1783 antes de emprender viaje a América como comisario de límites entre España y Portugal, misión para la que el rey le había nombrado. [ARR]

Sureda y Miserol, Bartolomé (Palma de Mallorca, 1769-1851). Ingeniero, pintor y grabador. Ayudante de Betancourt, le acompaña en su viaje a Inglaterra de 1793-1796; dibuja planos de máquinas, trabaja en una fundición y en una fábrica de loza. Aprende nuevas técnicas de dibujo y de grabado (*a la aguada*), integrando espionaje industrial y técnicas artísticas de vanguardia. Le enseña a Goya (h. 1797) a grabar a la aguada, técnica que utiliza ya en sus *Caprichos* (1798-1799). Custodio del Real Gabinete de Máquinas, en 1796 se enrola con Betancourt en la expedición del conde de Mopox a Cuba, pero son apresados por los ingleses. En 1800 trabaja como aprendiz en Albert et Collier et Cie, en Coye (Oise, Francia), pagando 20.000 francos de estipendio; en 1801 se incorpora a la Real Fábrica de Algodón de Ávila. En 1802 es enviado a París, para conocer fábricas de porcelana y de cerámica; recala en las manufacturas de Sèvres. Director de Labores de la Real Fábrica de porcelanas del Buen Retiro (1803), inicia la producción de piezas de uso y el empleo de la sepiolita, lo que permite hablar con propiedad de "porcelanas de Madrid". Director en jefe (1807), es el único responsable español de su historia, ya que la "Casa de la China" fue vandálicamente saqueada por las tropas de Napoleón (1808) e incendiada por las inglesas (1812). En 1809-1810 se refugia en Francia hasta fin de 1814. Director de la Real Fábrica de Paños de Guadalajara (1817), introduce el hilado con máquina. Director facultativo (1821) y en jefe (1822) de la Real Fábrica de Loza de la Moncloa, implanta una producción a gran escala, inspirada en formas francesas y corrientes decorativas inglesas de estampación, que se expandirán a centros como Pickmann-La Cartuja (Sevilla) y Sargadelos. Director de la Real Fábrica de Cristales de la Granja (1824), se encargará desde su fundación (sin sueldo), del taller y de la cátedra de delineación aplicada a las artes del Real Conservatorio de Artes, hasta su jubilación, en 1829. Maqui-

nista y grabador excepcional, las láminas con descripciones de máquinas del Real Gabinete dan cuenta de su habilidad artística. [MSS]

Tofiño y Vandewale, Vicente (Cádiz, 1732 – Isla de León, Cádiz, 1795). Marino, astrónomo y cartógrafo. Siguió la carrera militar. Destinado en la Academia de Artillería de Segovia, fue reclutado por Jorge Juan como tercer maestro de matemáticas en la Academia de Guardias Marinas de Cádiz, de la que fue director y para cuyos estudios publicó un *Compendio* de geometría y trigonometría. Junto con el también profesor J. Varela y Ulloa llevó a cabo (1773-1777) un programa de observaciones astronómicas que fueron publicadas en dos volúmenes. En 1783 fue comisionado para levantar la cartografía de las costas peninsulares y de sus correspondientes africanas, el denominado *Atlas Marítimo de España*. En la tarea colaboraron los oficiales destinados al Observatorio de Marina de Cádiz para ampliar estudios: Dionisio Alcalá Galiano, José Espinosa y Tello, Alejandro Belmonte, Julián Canelas, José de Vargas Ponce y José M.ª de Lanz. Esta labor, en la que se empleó el método de triangulación, se combinaron observaciones terrestres y marítimas y se usaron los entonces recientes cronómetros marinos (de Berthoud), marcó el comienzo de la cartografía española moderna. Miembro de la Real Academia de Historia, también fue socio correspondiente de la de Ciencias de Lisboa. [MSG]

Tomás Gutiérrez, Manuel (Sigüenza, Guadalajara, 1740-1808). Relojero y mecánico. Cursó estudios en el Seminario de Sigüenza, teniendo a su cuidado el reloj de su catedral. En Madrid estuvo al servicio del infante Don Luis de Borbón, hermano de Carlos III, entre 1770 y 1780, lo que alternó con su trabajo en el Gabinete de Máquinas del Real Seminario de Nobles. Fue discípulo del relojero Diego Rostriaga, y pronto logró el puesto de arcabucero en la Real Ballestería. En 1774 casó con María Suárez, al tiempo que abría su propio taller en la madrileña calle de Fuencarral. Envió dos proyectos para erigir una Escuela de Relojería a la Real Sociedad Económica Matritense, en 1776 y 1785, que contaron con el apoyo de los Amigos del País, aunque finalmente no se llevaron a cabo al preferir otros proyectos el Consejo de Castilla. No por ello dejó de participar en las tareas de la Sociedad como inspector y comisionado mecánico. En 1792 terminó una de sus mejores obras: el reloj de la catedral de Toledo. [AMR]

Tosca y Mascó, Tomás Vicente (Valencia, 1651-1723). Matemático, físico y astrónomo. Maestro en artes y doctor en teología por la Universidad de Valencia. En 1678 ingresó en la congregación de San Felipe Neri. Junto con Baltasar de Íñigo y Juan Bautista Corachán, fue miembro destacado de la Academia de Matemáticas que funcionaba hacia 1687 en casa del primero. Intervino en diversas cuestiones de tipo técnico que afectaban a la ciudad, como la mejora del puente de madera y demolición del de piedra en el puerto de El Grao. Dibujó un mapa de Valencia y elaboró un plan para hacer un puerto en Cullera y un canal navegable a la Albufera y al Xúquer. Entre 1717 y 1720 ocupó el cargo de vicerrector de la Universidad. Ocupa un lugar destacado en la introducción y difusión de la ciencia y la filosofía modernas en el País Valenciano y en España, sobre todo por sus obras *Compendio mathemático* (9 vols., Valencia, 1707-1715) y *Compendium philosophicum* (5 vols., Valencia, 1721). En la primera figuran los principales temas de la física anterior a Newton, abordados según los presupuestos de la ciencia moderna. [VNB]

Tramullas y Ferrera, José. Metalurgista, platero y escultor en oro y plata. Natural de Barcelona, vivió en la primera mitad del siglo XVIII. En Madrid obtuvo el título de ensayador de Su Majestad, con el que ejercitó el oficio en la Real Casa de la Moneda, y fue visitador de las platerías de la Corona de Aragón. Su obra más conocida es el *Prontuario y guía de artífices plateros*, publicada en 1734. Nueve años más tarde daría a las prensas una obra de tema similar, la *Guía y desengaño de artífices plateros y marcadores de oro y plata,* editada en Barcelona en 1743 y que contenía una especie de código del trabajo del orfebre. [JSG]

Ulloa y de la Torre Giral, Antonio de (Sevilla, 1716 – Isla de León, Cádiz, 1795). Marino, naturalista, químico, astrónomo. Hijo del economista Bernardo de Ulloa, en 1730 se embarcó como voluntario en la flota de galeones de Tierra Firme. Tras su regreso, fue admitido en la gaditana Academia de Guardias Marinas (1733). En enero de 1735 formó parte con Jorge Juan de la expedición al Perú para medir un arco del meridiano. La guerra con Inglaterra les impidió reintegrarse a los trabajos hasta 1744, cuando la expedición ya había empezado a disolverse. A comienzos de 1745 emprendió el regreso, pero la fragata en la que navegaba fue apresada y Ulloa fue trasladado a Londres, donde llegaría a ser miembro de la Royal Society (1746). A su regreso a Madrid, preparó con Jorge Juan la publicación de los resultados del viaje: *Observaciones astronómicas y físicas, Relación histórica del viaje a la América Meridional* y *Disertación histórica y geográfica sobre el Meridiano* (publicadas entre 1748 y 1749) y *Noticias Secretas de América* (que permaneció inédita hasta 1828). Realizó un viaje de espionaje industrial por Europa (1749-1752), tras lo que desarrolló una frenética actividad: visitas de inspección al Astillero de Guarnizo y a las fundiciones de La Cavada y Liérganes, puesta en marcha del Real Gabinete de Historia Natural y del Jardín Botánico, reorganización de la explotación de las minas de mercurio de Almadén, etc. El más importante de los encargos que le encomendó Ensenada fue el *Proyecto General* del Canal de Castilla, en colaboración con Carlos Lemaur. En 1758 fue nombrado superintendente de la mina de mercurio de Huancavélica. Primer gobernador de Luisiana, un levantamiento en 1768 provocó su inmediata expulsión. En 1772 concluyó *La Marina. Fuerzas navales de Europa y costas de Berbería*, obra inédita hasta hace poco, ya que fue censurada por el Ministerio de Marina, pues proponía un desarme naval multilateral. Comandante de la Flota de Nueva España (1776-1778), participó en la campaña de las Azores de 1779, de la que no salió bien librado: debido a los escasos resultados obtenidos, fue objeto de un largo Consejo de Guerra que, aunque acabó eximiéndole de responsabilidad, dejó mermado su prestigio. En los últimos años de su vida, entre Cádiz y la Isla de León, redactó dos obras de divulgación, de las que sólo llegó a publicarse *Conversaciones de Ulloa con sus tres hijos en servicio de la Marina* (1795). [JHQ]

Valcárcel, José Antonio (Valencia, 1720-1792). Agrónomo. Fue socio de mérito de la Económica valenciana, en la que presentó diversas memorias con instrucciones sobre el cultivo del lino, el arroz, el esparto, los olivos y el cáñamo. También abordó la repoblación y conservación de los bosques. Basándose en la obra *Le Gentil Cultivateur* (París, 1761-1764), de Jean-Baptiste Dupuy-Demportes, publicó *Agricultura general y gobierno de la casa de campo* (Valencia, 1765-1795, diez volúmenes), donde defendía los métodos preconizados por Jethro Tull. [JCP]

Varela y Ulloa, José (Villaredo, Lugo, 1739 – La Habana, Cuba, 1794). Astrónomo y cartógrafo. Maestro de matemáticas en la Academia de Guardias Marinas de Cádiz, colaboró con V. Tofiño en un programa de observaciones astronómicas llevado a cabo entre 1773 y 1777. En 1774 embarcó con J. de Mazarredo para determinar la posición de la isla de Trinidad del Sur. En 1776 acompañó a la expedición francesa encabezada por Charles de Borda para probar los cronómetros marinos franceses, y determinó la posición de algunos lugares de África. En 1778 fue comisionado al golfo de Guinea para tomar posesión de las islas de Annobón y Fernando Poo, llevando a cabo determinaciones de posición y estudios hidrográficos. En 1782 fue encargado de fijar los límites entre las posiciones españolas y portuguesas en territorio americano. Desde 1775 fue miembro correspondiente de la Académie des Sciences de París. [MSG]

Velázquez de León, Joaquín (Santiago Acebedocla, Nueva España, 1732 – México, 1786). Jurista, mineralogista, geólogo, geógrafo, naturalista, astrónomo. Recibió su primera formación del indio Manuel Asensio, gran conocedor de la mitología mexica, cuyas enseñanzas transmitió a su pupilo, junto con varias lenguas indígenas. En la capital virreinal estudió matemáticas y lenguas y se formó en astronomía y derecho. Fue nombrado catedrático de la Universidad mexicana. Viajó a Baja Califor-

nia, donde trabajó con la comisión hispano-francesa encargada de observar el paso de Venus por delante del Sol en 1769, resultados que publicó Velázquez. Fijó longitudes y latitudes de muchos puntos de Nueva España, y a él se deben muy notables mapas del virreinato. Contribuyó a la creación del Tribunal de Minería en 1777, del que fue primer director, y promovió la idea de crear lo que sería Colegio de Minería de Nueva España. Autor de memorias sobre minería, de divulgación de aparatos e invenciones, su obra más conocida es la *Descripción histórica y topográfica del valle, las lagunas y la ciudad de México,* que incluye información sobre las coordenadas del valle, su historia natural y numerosos aspectos geológicos, mineralógicos y meteorológicos, además de un trabajo muy notable de triangulación del valle. [JSG]

Verboom, Jorge Próspero de (Amberes, 1665 – Barcelona, 1744). Ingeniero militar. Hijo de Cornelio Verboom, cuartel-maestre general e ingeniero mayor de los ejércitos españoles en los Países Bajos. Estudió en la Academia Militar de Bruselas, donde fue discípulo y colaborador de Fernández de Medrano; según explica el mismo Verboom en un memorial autobiográfico de 1727, «se aplicó de tal manera, que al quedar ciego dicho director, asistió a su mesa para la enseñanza de sus discípulos, le ayudó a componer sus obras de matemática y de fortificación, y a la impresión de él; y después a su Tratado de Fuegos Artificiales». En 1688 participó en la guerra contra Francia y en 1690 obtuvo la patente de ingeniero del Marqués de Gastañaga. En 1693 sucedió a su padre, y más inmediatamente a Gerónimo Barceló, en el cargo de cuartel maestre general e ingeniero mayor, siendo además comandante de un regimiento de caballería. En 1702 obtuvo el grado de brigadier y en 1704 el de mariscal de campo. Participó en la Guerra de Sucesión y en 1709 fue ascendido a teniente general e ingeniero general de los Reales Ejércitos, encargándosele la reorganización del Cuerpo. En 1711 se aprobó la creación del nuevo Cuerpo de Ingenieros de los Ejércitos y Plazas, del que sería hasta su muerte ingeniero general. Tuvo un papel esencial en la construcción de la Ciudadela de Barcelona, de la que fue nombrado castellano en 1718, y en la elaboración del sistema defensivo de la monarquía, para lo cual emprendió en 1721 un viaje de reconocimiento que le llevaría por Valencia, Murcia y Andalucía, y en el que prestaría también atención al proyecto de trasvase de los ríos Castril y Guardal a Murcia, y a otros proyectos de obras públicas, en relación con la política de fomento económico emprendida por los gobiernos de Felipe V. En 1723 estaba en Málaga, trabajando en la ampliación y defensa del puerto; pasó a Ceuta para ocuparse de la defensa de la plaza, sitiada por los marroquíes, y diseñó el proyecto de mejora de la fortificación. Realizó una amplia labor como proyectista de obras de fortificación (en Cataluña, Andalucía y otras regiones) y en tanto que ingeniero general examinó, corrigió y aprobó la mayor parte de las que se construyeron durante su mandato. En recompensa a sus servicios, el 13 de enero de 1727 fue nombrado Marqués de Verboom. [HCS]

Vergel, Juan (†Santiago de Compostela, 1750). Ingeniero militar. Ingresó como ingeniero extraordinario en 1720, examinado por Alejadro de Retz. En 1729 estaba destinado en Sevilla, donde trabajó en el proyecto de la fábrica de tabacos. Trabajó después en la fortificación de La Coruña, en El Ferrol y arsenal de La Graña, en Santiago de Composela y otras plazas. Por encargo del marqués de Verboom intervino también en la traducción de *La Science de l'Ingenieur* de B. Forest de Bélidor. [HCS]

Villanueva, Diego de (Madrid, 1713-1774). Arquitecto y profesor. Hijo del escultor Juan de Villanueva, y hermanastro del también arquitecto Juan de Villanueva, aprendió escultura y matemáticas en la escuela de pajes del rey, lo que le orientó hacia la arquitectura. Trabajó como delineador del Palacio Real Nuevo a las órdenes de Sacchetti. Dedicó buena parte de su vida a enseñar arquitectura en la Real Academia de San Fernando, de la que fue teniente director (1752), director (1756) y director de Perspectiva (1772). Son importante sus aportaciones como escritor y teórico, defensor de una arquitectura protoneoclásica. En 1762 la Academia le encargó la redacción de un curso de arquitectura, pero sus contenidos fueron rechazados por otros profesores, con Ventura Rodríguez a la cabeza, pues

en ellos defendía Villanueva el funcionalismo racionalista, y sus contrarios deseaban un tratado más ecléctico. En 1764 publicó en Madrid una cartilla con los *Cinco Órdenes de Arquitectura de Vignola*, ilustrada con dibujos de su propia mano; y en 1766, en Valencia, su *Colección de diferentes papeles críticos sobre todas las partes de la arquitectura*, obra en la que defendía con fervor el rigorismo funcionalista de Lodoli y Algarotti y criticaba tanto el barroco decorativo como el barroco clasicista. Construyó poco, destacando la reforma interior de la iglesia de las Descalzas Reales de Madrid (1756) y la de la fachada del palacio de Goyeneche, en la calle de Alcalá, construido por J. B. de Churriguera, para adecuarla como sede de la Real Academia de San Fernando. [AAN]

Villanueva, Juan de (Madrid, 1739-1811). Arquitecto destacadísimo, que consolidó el neoclasicismo en España. Hijo del escultor Juan de Villanueva, estudió humanidades y dibujo. Su hermanastro Diego de Villanueva le enseñó arquitectura en la Academia de San Fernando. En 1757 fue nombrado delineador de las obras del Palacio Real Nuevo. En 1758 consiguió una pensión real para completar su formación en Roma (1759-64). Tras visitar las ruinas de Pompeya y Herculano regresó a España, y junto con Pedro Arnal acompañó a José de Hermosilla en un viaje a Andalucía (1766-67) a fin de estudiar y hacer planos de la mezquita de Córdoba y de la Alhambra de Granada. En 1767 fue nombrado académico de mérito de San Fernando y, al año siguiente, arquitecto de El Escorial. En la Academia de San Fernando fue teniente director (1774) y director honorario de Arquitectura (1785), y director general (1792-95); fue arquitecto del Príncipe de Asturias y de los Infantes (1777), arquitecto mayor de Madrid (1786), arquitecto mayor del Rey en los Reales Sitios (1789), intendente honorario de provincia (1802) y, finalmente, arquitecto mayor de las obras reales de José Bonaparte (1808-1810). Contó con el apoyo del conde de Floridablanca (1777-92) y de Carlos IV, desarrollando con plenitud su arquitectura neoclásica, llena de belleza y funcionalidad. De su amplia producción habría que destacar la Casa de Infantes y la Casita del Príncipe (1771-1776), así como la Casa de los Ministros de Estado y Hacienda en El Escorial; la Casita del Príncipe (1784-91) en El Pardo, y en Madrid la Puerta del Jardín Botánico (1781) y el pabellón de invernáculos, el oratorio del Caballero de Gracia (1782-95) y sus dos obras más importantes y ambiciosas: el Observatorio Astronómico (1790-1808), de inspiración palladiana, y el Museo del Prado (1785-1819), pensado en su origen para Gabinete de Historia Natural y Academia de Ciencias. También tuvo una destacada actuación en diversas obras de ingeniería, en caminos y canales principalmente. [AAN]

Villarreal de Bérriz, Pedro Bernardo (Mondragón, Guipúzcoa, 1670 – Lequeitio, Vizcaya, 1740). Ingeniero e industrial con herrerías y molinos hidráulicos. Estudió Gramática en el colegio jesuita de Vergara, probablemente dos años de Filosofía en Pamplona, y uno de Cánones en la Universidad de Salamanca. Hidalgo de sangre y caballero de la Orden de Santiago (1690), pudo trabajar en "oficios mecánicos" debido a la hidalguía universal de que disfrutaban los naturales del territorio. Así, tras su emancipación (h. 1687), potenció una herrería de su patrimonio. Diseñó varias instalaciones que describe en su singular tratado *Máquinas Hidráulicas de Molinos y Herrerías y Govierno de los Árboles, y Montes de Vizcaya* (Madrid, 1736), exponiendo con claridad sus reglas de diseño; por ello, puede ser considerado «el primer ingeniero genuino de presas» (J. A. Fernández-Ordóñez). Sus realizaciones innovan sobre la tipología de presas de arcos escarzanos y gravedad con contrafuertes, lo que le permite aligerar sus cuerpos; además, dota de inclinación al paramento de aguas arriba para facilitar el curso y estabilizar el muro. De pequeña altura (entre 2 y 5 m), las presas son en realidad azudes de derivación a instalaciones protoindustriales (molinos o ferrerías) que construyó en Vizcaya. La de mayor envergadura es la de Bedia sobre el Ibaizábal, con 4,50 m de altura y 56 de longitud en la coronación. Potenció la repoblación forestal para el carboneo y la construcción. Escribió las notas de un curso sobre geografía, cosmografía y navegación, ya que fue profesor de náutica. Admirador de Tosca, diseñó incluso algunas bóvedas para iglesias. Alcalde en Mondragón y de Lequeitio, participó

en el Gobierno Universal del Señorío de Vizcaya. Preilustrado, "novator", en su casa albergaba una tertulia. A su muerte dejó una biblioteca con cerca de un millar de libros, mapas e instrumentos. [MSS]

Vimercati, Cipriano (?, h. 1736 – Santiago de Compostela, h. 1800). Matemático, artillero y marino. En 1771 el ocupó puesto de profesor de matemáticas de la Academia de Artillería de Segovia. En 1776, al fundarse las Academias de Guardias Marinas de El Ferrol y Cartagena, pasó a la Armada como teniente de navío y se incorporó a la primera con el puesto de director. En 1789 sustituyó a Vicente Tofiño en Cádiz como director de las tres academias. Al enviudar, se ordenó sacerdote y se retiró, pasando a servir como canónigo en la catedral de Santiago. La labor de Vimercati fue fundamentalmente docente, participando en el diseño de un curso de estudios avanzados –el Curso de Estudios Mayores– destinado a oficiales seleccionados en las tres academias. Escribió discursos sobre arquitectura naval y los progresos de la astronomía. Impulsó asimismo la elaboración y publicación del *Almanaque Náutico*, cuyo primer ejemplar vio la luz en 1791. [MSG]

Zaragoza y Vilanova, José de (Alcalá de Xivert, Castellón, 1627 – Madrid, 1679). Astrónomo y matemático. Ingresó en la Compañía de Jesús en 1651. Entre 1660 y 1670 residió en Valencia, enseñando teología y dedicándose a la investigación y enseñanza de las disciplinas matemáticas. Su labor sentó las bases de un importante movimiento de renovación científica. En 1670 fue nombrado titular de la cátedra de matemáticas del Colegio Imperial de Madrid. Con sus obras de astronomía, geografía y matemáticas contribuyó a renovar el panorama científico español. Entre ellas figura su *Esphera en común celeste y terráquea* (1675), versión de los textos tradicionales de la *Sphera*. Sus observaciones del cometa de 1677 fueron las primeras realizadas en Europa, como destacó Cassini. En matemáticas, su trabajo más importante es la *Geometría magna in inimis* (1674), con aportaciones como la construcción de una teoría geométrica del cálculo baricéntrico; el establecimiento de las relaciones llamadas "de Ceva" (antes que Ceva); la relación cuadrática entre los lados de una cuadrilátero y sus diagonales (teorema de Euler) y la resolución del problema del tetraedro mínimo. Su última obra editada es la *Fábrica y uso de varios instrumentos matemáticos* (1675). [VNB]

Zerella Icoaga, Manuel (Vizcaya, 1737 – Madrid, 1799). Estudió mecánica y relojería en Francia y Suiza (1752-1760) pensionado por la Corona, a instancias del marqués de la Ensenada. Abrió tienda y obrador propios en Madrid, donde pronto fue considerado uno de los mejores maestros de su época. El 22 de febrero de 1779 fue nombrado segundo relojero de la Casa del Rey y, cinco meses más tarde, relojero de Cámara. Fue miembro de la Sociedad Bascongada de Amigos del País; en 1776 fue distinguido como Socio de Mérito por la Económica Matritense, para la que se encargó de la inspección de relojes y herramientas, además de ser juez en los premios de relojería convocados por los Amigos del País. Escribió un *Tratado General y Matemático de reloxería*, del que se publicaron dos ediciones en 1789 y 1791. [AMR]

Índice de ilustraciones

0.1. Mapa de Aragón (proyección cónica), completado y corregido por el erudito Tomás Fermín de Lezaún, 1777. (Mapa completo: ejemplar de la colección de D. Pedro Adiego; detalle: del ejemplar de la Bibl. de la RSE Aragonesa) 18

0.2. «Mapa de parte de los virreinatos de Buenos Aires, Lima, Santa Fe y capitanía general de Caracas en la América Meridional... por el brigadier e ingeniero en jefe D. Francisco Requena», Madrid, 1796. (Biblioteca del Congreso) 20

0.3. Líneas de configuración horizontal, sombreados y otros recursos gráficos: 1) Francisco de Nangle: «Mapa del Puerto de Guadarrama y sus contornos, en que se demuestra la dirección del camino que se proiecta abrir para la mayor comodidad y seguridad del passo», 1749. (AGS, M. P. y D. XXIX-30); 2) «Plano de la Plaza de Ceuta de la parte del Campo enemigo, comprehendido entre aquella y Sierra Bullones", mediados del XVIII. (Museo Naval de Madrid, inv. 96-10) 21

0.4. Expresiones plásticas del relieve con sombreados y aproximación a líneas de configuración horizontal y de máxima pendiente: Camino Real de Guaira a Caracas. (Planos de los ingenieros militares Agustín Crame, 1778, SHM, inv. 6096, y Francisco Jacot, AGI, Venezuela, 235) 22

0.5. Puntos batimétricos en cartografía de ingenieros del Ejército y oficiales de la Marina: 1) «Plano del puerto de Barcelona... enero de 1748», por el ingeniero militar Miguel Marín (AGS, M. P. y D., VIII-184); 2) «Carta esférica que comprehende las costas del Seno Mexicano», mandada hacer por Juan de Lángara, Depósito Hidrográfico de la Marina, 1799 (SHM, inv. 5.019) 23

0.6. Perspectiva, perfiles y plano: 1) «Perspectiva del Peñón y Plaza de Gibraltar vista por el Occidente». Realizado por el cadete del Regimiento fijo de Ceuta, Vicente Fernández de Ruiloba, 1779 (Archivo General de Simancas); 2) «Plano y prespectiva [sic] del puerto de la S.S.ª Cruz de Ojatutira", realizado por Juan Herue (Museo Naval de Madrid) 24

0.7. Representaciones urbanas: 1) «Plano de la villa de Reus y sus inmediaciones», por Juan Martín Zermeño, 1751 (AGS, M. P. y D., VIII-135); 2) Plano de la ciudad de la Plata, por Ildefonso Luján, 1779 (AGI, MP, Buenos Aires, 244 bis) 25

0.8. Representación de puentes: 1) «Plano, perfil y vista del Puente que se construye sobre el río Llobregat en las Ynmediaciones de Molins de Rei», s.f., siglo XVIII (SHM, B-41/1.2330); 2) Plano sobre el puente del río Llobregat, por Miguel Marín, Barcelona, 1731 (SHM, B-45/1.2117); 3) «Plano, elevación y perfiles del puente de Alcántara», parte de las *Adiciones* de Miguel Sánchez Taramas. (Bibl. RSE Aragonesa; fot.: M.S.S.) 26

0.9. La arquitectura militar. Fortificaciones: 1) «Plano en que se demuestra el estado en que se hallan las Fortificaciones del Frente de Tierra de la Plaza de Cádiz, el 1.º de enero de 1753», por Joseph Barnola (Museo Naval de Madrid, inv. P-2H-4); 2) «Plano de la plaza de San Fernando» (*Archives du Génie, Chateau de Vincennes, París*) 27

0.10. La arquitectura militar. Edificios para la base naval de El Ferrol: 1) «Plano y elevación del frontispicio de la puerta principal de los almacenes generales de artillería» y «Plano de la puerta y cuerpo de guardia del Arsenal de El Ferrol», ambos por Francisco Llobet y Jorge Juan (Museo Naval de Madrid, inv. P3-A-45 y P3-A-46); 2) «Planos, elevación y perfil que demuestran el pabellón para Yngenieros», por Silvestre Abarca, Cádiz, 1760 28

0.11. Instalación y máquina: «Plano y perfil de un edificio... para la fábrica de Sada en el que se demuestra el hornillo, caldera y prensa para alquitranar la filástica», por Joseph de la Croix, El Ferrol, 1752 (AGS, M. P. y D., VI-80); 2) Draga con una sola pala, proyectada para el puerto de Ceuta, por Esteban Panón, 1755. (AGS, M. P. y D., XV-50) 29

0.12. Dibujos lavados de Agustín de Betancourt: *Descripción del establecimiento de Yndrid, donde se funden y barrenan los cañones de hierro para la Marina Real de Francia,* 1791. (Bibl. Palacio Real de Madrid, IX-mesa 97, Láminas VII, XXI, XI y XII.) 30
0.13. Bartolomé de Sureda: «La prensa de Bramah» (1796), en *Descripción de las máquinas de más general utilidad que hay en el Real Gabinete de ellas, establecido en el Buen-Retiro, n.º I. Prensa Hidráulica,* por Juan López de Peñalver, Madrid, 1798. (ETSI de Caminos, Canales y Puertos, sig. 82-a-416.) 31
0.14. Perspectivas para ilustrar: 1) Ingenuidad gráfica e imposibilidad física en la «Máquina para labrar la tierra sin bestias», núm. 25, lám. 28, fol. 99 de la *Colección General de Máquinas escogidas...*, tomo I, de Miguel Gerónimo Suárez y Núñez, 1783; 2) Instrumentos topográficos grabados para la Imprenta Real, texto sobre *Agrimensura y matemáticas* (cuyo tomo IV se dedicaba a *Geometría práctica*), h. 1800, en el que trabajó Tadeo Lope y Aguilar 32

1.1. La Real Fábrica de Tapices de Santa Bárbara, su fundador, Jacobo Van der Goten *el Viejo*, y tapiz de su hijo Jacobo sobre *Don Quijote en la abentura de los batanes,* h. 1724-1731 (Palacio Real, Madrid) 53
1.2. La Real Fábrica del Buen Retiro: 1) *El Estanque Grande del Retiro,* al fondo la Real Fábrica (óleo sobre sarga anónimo, h. 1816, Museo Municipal de Madrid); 2) *Aventura galante*, de la primera época; 3) *El tiempo*, de la segunda época 56
1.3. Real Fábrica de Cristales de La Granja: 1) Fachada principal; 2) Horno; 3) Plano para pulimentar cristales planos, realizado por Demetrio Crou; 4) Lámpara en el Palacio Real de La Granja 57
1.4. Tres ilustres espías industriales de la segunda mitad del siglo XVIII: Antonio de Ulloa (Museo Naval de Madrid, anónimo, 1785, inv. 758); Tomás Pérez Estala (Francisco de Goya, h. 1798; col. particular, Madrid); y Fernando Casado de Torres e Yrala (Museo Naval de Madrid, inv. 663) 60
1.5. Telar de paños con lanzadera 61
1.6. Barrena vertical de la fundición del Arsenal de París, dibujo de A. de Ulloa, 1751 62
1.7. Plano de una barrena horizontal de la fundición de Estrasburgo, para producir cañones fundidos en sólido. Dibujado por José Manes y Francisco Estachería en misión de espionaje, 1751 (AGS, M. P. y D., XXXV-7) 66
1.8. «Plano y perfiles de los diques de Carena construidos en el Arcenal de Cartagena. Delineado por Nicolás Berlingero...», diseñados por Jorge Juan (Museo Naval de Madrid, inv. P-4-7) 70
1.9. Horno de reverbero de una fundición de cañones de bronce (ilustración de la *Encyclopédie* de Diderot y D'Alembert, 1762-1772) 72
1.10. Principales fases del proceso de fundición en hueco: 1) Elaboración y secado de los moldes, y colado del metal fundido (ilustraciones de la *Encyclopédie* de Diderot y D'Alembert, 1762-1772); 2) Alisado del ánima de los cañones mediante barrena vertical en la Real Fundición de Sevilla (copia por Francisco Denia, Real Escuela de Navegación, 1758; Museo Naval de Madrid, Artillería, 25) 73
1.11. Plano de la nueva barrena horizontal de la fundición de Barcelona, construida por Jean Maritz (dibujo de Pedro Chenard, 1766-1767, Servicio Geográfico del Ejército, Madrid, Atlas 111) y lámina que la reproduce, complemento al *Tratado de Artillería* de Tomás de Morla (Imprenta Real, Madrid, 1803) 74
1.12. La fábrica de municiones de Trubia (Asturias), proyectada por el ingeniero de Marina Fernando Casado de Torres (AGS, M. P. y D. XXXV-14) 76
1.13. Perspectiva de la máquina hidráulica para pulir vidrio construida por J. Dowling en la Real Fábrica de San Ildefonso. Ilustración procedente de la *Encyclopédie* de Diderot y D'Alembert 77
1.14. Torno de hilar seda tipo Vaucanson, introducido por J. Lapayese en Vinalesa 78
1.15. Molinos de hilar seda a la piamontesa: 1) *Novo Teatro di Machine et Edificii* (1607), de Vittorio Zonca; 2) *Encyclopédie,* de Diderot y D'Alembert 80

1.16. Real Fábrica de algodón de Ávila: 1) Batán y taller de tintes; 2) Muestras de estampados de algodón (AGS, M. P. y D., XXXII-3) 81
1.17. Detalle de la máquina de vapor de simple efecto instalada en el Real Arsenal de Cartagena. Diseñada por Jorge Juan, construida esencialmente por Diego de Rostriaga e instalada por Julián Sánchez Bort. Cartagena, 1813 (Museo Naval de Madrid, sign. PB-149) 84
1.18. Máquinas de vapor en los arsenales de El Ferrol y La Carraca construidas por Antonio Delgado y su sobrino: 1) *Plano de la máquina de agotar los diques del Arsenal de la Carraca*, por Josef López Llanos, mayo 1813; y 2) *Plano de la Bomba de Vapor*, Josef Muller, El Ferrol, septiembre de 1813 (Museo Naval de Madrid, signs. PB-155 y PB-154, respectivamente) 85
1.19. Sierra movida por máquina de vapor, diseñada por Fernando Casado de Torres (1788) para el Real Arsenal de La Carraca, Cádiz (Museo Naval de Madrid, sign. P-2E-19) 89

2.1. Plantas con bloques unitarios: 1) Real Fábrica de Paños y de la nueva población del Real Sitio de San Fernando, en la provincia de Madrid (Archivo General de Palacio, detalle del plano n.º 3218); 2) Manuel Serrano: Fábrica de Lencería y Pintados del Real Sitio de Aranjuez, 1784 (Archivo General de Palacio, n.º 58); 3) Real Fábrica de Tabacos de Sevilla, proyecto de Ignacio Sala, 1728 (AGS, M. P. y D., XXIII-52) 98
2.2. Plantas en pabellones: 1) Real Fábrica de Municiones de Hierro de Orbaiceta (Navarra), según el *Memorial de Artillería* de 1849; 2) Francisco Juan del Rey: Real Fábrica de Municiones de Hierro de San Sebastián de la Muga, en Gerona, construida según proyecto de Jean Maritz (AGS, M. P. y D., IV-134) 99
2.3. Real Fundición de Artillería de Bronce de Sevilla: 1) Planta general del edificio, con las reformas efectuadas por Jean Maritz, y su nuevo proyecto para el patio y la puerta principal, 1773 (AGS, M. P. y D., IV-123); 2) Vista de una de las naves, conformada por cuadrículas, de la Nueva Fundición construida según proyecto de Jean Maritz 102
2.4. Lenguajes ornamentales en las fachadas principales: 1) Real Fábrica de Tabacos de Sevilla; 2) Real Fábrica de Paños de San Fernando (Madrid): detalles ornamentales del cuerpo central 103
2.5. Lenguajes arquitectónicos en las fachadas principales: 1) Real Fábrica de Aguardientes y Naipes de Madrid (posterior Tabacalera): proyecto de Manuel de la Ballina (Archivo General de Palacio, n.º 283); 2) Francisco Rivas: proyecto de fachadas para la Real Fábrica de Platería de Martínez, en Madrid, 1792 (Archivo de la Secretaría del Ayuntamiento de Madrid, 1-52-97) 103
2.6. Real Fábrica de Paños de Guadalajara: 1) Planta del edificio principal, en el siglo XIX (Servicio Histórico Militar, n.º 1387/1); 2) Miguel Marín: alzados del proyecto para el batán, 1727 (Servicio Histórico Militar, n.º 1402) 107
2.7. Real Fábrica de Paños de Brihuega (Guadalajara): 1) Vista actual del patio circular; 2) Ventura Padierne: plantas y secciones del proyecto, 1752 (Archivo General de Palacio, n.º 418) 110
2.8. Interiores de la Real Fábrica de Tabacos de Sevilla. Actualmente sede principal de la Universidad de Sevilla: 1) Primer patio, antiguamente denominado de las Cuadras; 2) Escalera principal; 3) Segundo patio, antiguamente denominado de la Fidelidad; 4) Lucernarios barrocos para las galerías de la segunda planta (fot.: Luis y Francisco Arenas, Universidad de Sevilla) 114
2.9. Manuel de la Ballina: proyecto de la planta principal de la Real Fábrica de Aguardientes y Naipes de Madrid (Archivo General de Palacio, n.º 280) 115
2.10. José Díaz Gamones: planta del proyecto de la Real Fábrica de Cristales Planos del Real Sitio de San Ildefonso (Segovia), 1770 (Archivo General de Palacio, n.º 1014) 119
2.11. Planta del Arsenal de las Reales Atarazanas de Barcelona, con las nuevas instalaciones de la Real Fundición de Artillería de Bronce, según proyecto de Jean Maritz, 1766 (Servicio Histórico Militar, n.º 7030) 122

2.12. Real Fábrica de Espadas de Toledo: 1) Planta, en 1808 (*Memorial de Artillería*, 1908); 2) Vista del primer patio del establecimiento 123

3.1. La sierra de madera en la Edad Media: Villard de Honnecourt, *Cuaderno* (siglo XIII) ..142
3.2. La sierra de madera en el Renacimiento: 1) Francesco di Giorgio Martini, *Trattato di architettura e macchine* (1480); 2) Leonardo da Vinci, *Códice Atlántico* (1480) 142
3.3. La sierra de madera en los primeros Teatros de Máquinas: Besson, *Théâtre des instruments mathématiques et méchaniques* (1594). Dos soluciones diferentes al mecanismo de biela manivela, para transformar el movimiento de rotación de entrada en un movimiento oscilatorio rectilíneo de la sierra de corte: 1) cuadrilátero articulado; 2) husillo-pantógrafo 144
3.4. La sierra de madera en los primeros Teatros de Máquinas: 1) Agostino Ramelli, *Le diverse et artificiose machine* (1588); 2) Salomon de Caus, *Les raisons des forces mouvantes* (1615) 145
3.5. La sierra de madera en los Teatros de Máquinas: Jacobus Strada, *Kunstliche Abrisz allerhand Wasser- Wind- Rosz- und Handt Muhlen* (1617): 1) Sólo incluye como novedad el doble engrane; 2) Se añade un trinquete en la parte superior 147
3.6. La sierra de madera en los tratados de la Ilustración: Bernard Forest de Bélidor, *Architecture Hydraulique* (1787), aunque el diseño de la máquina sigue las pautas de los siglos anteriores, nos encontramos con una representación técnica 147
3.7. La sierra de madera en los tratados de la Ilustración: Claude François Berthelot, *La Mécanique appliquée aux arts, aux manufactures, à l'agriculture et à la guerre* (1782), introduce un sector circular dentado engranado con una cremallera 148
3.8. La tabla de clasificación de mecanismos: Lanz y Betancourt, *Essai sur la composition des machines* (1808) 150
3.9. Soluciones para la transformación del movimiento circular al rectilíneo: Lanz y Betancourt, *Essai sur la composition des machines* (1808) 154
3.10. Mecanismos de guiado rectilíneo de Watt: Lanz y Betancourt, *Essai sur la composition des machines* (1808). Mecanismo extendido de Watt; Mecanismo singular de Watt, atribuido en el *Essai* a Betancourt 156
3.11. Máquina de vapor de Watt de simple efecto 163
3.12. Mecanismos para la transformación del movimiento de rotación alternativa del balancín en otro de rotación continua 165
3.13. Transmisión del movimiento de elevación del pistón al balancín mediante cremallera. Dibujo original de Watt (tomado de Dickinson y Jenkins: *James Watt and the Steam Engine*, 1927, Pl. XXXV) 167
3.14. Guiado rectilíneo del pistón y su conexión al balancín: Patente presentada por Watt en 1784 (tomado de Muirhead: *The origin and progress of the Mechanical Inventions of James Watt*, 1854, vol. III, pl. XXII y XXIII) 168
3.15. Mecanismo de pantógrafo de Scheiner desarrollado en 1606 (Koetsier, 1983) 168
3.16. Mecanismo de Watt extendido (Koetsier, 1983) 169
3.17. Máquina de vapor de Watt de doble efecto (Agustín de Betancourt, 1788) 170
3.18. Dibujo de Watt en torno al mecanismo de Watt singular: este dibujo acompaña a su explicación acerca de la justificación de la causa por la que el mecanismo singular genera una trayectoria casi rectilínea 172
3.19. Máquina de vapor de Watt de doble efecto: Betancourt, *Mémoire sur une machine à vapeur à double effet* (1789), lámina III 174
3.20. Esquema geométrico utilizado por Betancourt para describir el funcionamiento del mecanismo de Watt: Betancourt, *Mémoire sur une machine à vapeur à double effet* (1789), lámina IV 174

3.21. Explicación en el *Essai* del procedimiento de cálculo de las dimensiones del mecanismo para que el punto *n* siga una trayectoria rectilínea: J. M.ª Lanz y A. de Betancourt, *Essai sur la composition des machines* (1808) 175
3.22. Mecanismo de Peaucellier desarrollado en 1864 (Artobolevskii, 1976, fig. 701) 178
3.23. Mecanismos de guiado rectilíneo: 1) Mecanismo de Chebyshev (1821-1894); 2) Mecanismo de Roberts (1827-1913); 3) Mecanismo de Evans (1755-1819). (Artobolevskii, 1976, figs. 651, 660 y 664) 178

4.1. Edificio de la Lonja de Mar, sede de la Junta de Comercio de Cataluña 193
4.2. Representación idealizada de las escuelas de la Junta de Comercio (Emilio Casals, 1827) 193
4.3. Discurso de apertura de la Escuela de Química de la Junta de Comercio (1805) 197
4.4. Curso de Química de Josef María de San Christóbal y Josef Garriga y Buach (1804). Pensionados por el gobierno español en Francia y varios países europeos en los primeros años del siglo XIX, publicaron los dos primeros volúmenes (y únicos) de su *Curso de Química General aplicado a las artes* 200
4.5. Proceso de destilación de Jordana aparecido en las *Memorias de Agricultura y Artes* (1821) 203
4.6. El manual de pintados e indianas de Carles Ardit (1819), la primera sistematización de los conocimientos de las tinturas en España y una de las primeras del mundo 205
4.7. Máquina de hilar *jenny*, inventada por James Hargreaves en 1764 207
4.8. Máquina de agramar cáñamo y lino de Francesc Salvá y Francesc Santponç, construida por el artesano Pere Gamell (1784) 208
4.9. Máquina de hilar *Arkwright* (patentada en 1769). Eran conocidas como *waterframe,* ya que su inventor pensó en la energía hidráulica como motor 209
4.10. La máquina de vapor de doble efecto construida en París (para los hermanos Perrier), bajo la dirección de Agustín de Betancourt. En la *Nouvelle Architecture Hydraulique* de R. de Prony (vol. II, 1796), de donde se toma la ilustración, se explica su funcionamiento siguiendo al ingeniero tinerfeño 211
4.11. Detalle del "registro" del diseño de Betancourt 214
4.12. Plano de la máquina "grande" de Santponç 218
4.13. Detalles del registro de la máquina de Santponç 221

5.1. Producción de plata (en marcos): 1715-1805 240
5.2. El procedimiento metalúrgico de aludeles para la obtención de mercurio a partir del cinabrio: 1) Horno de aludeles y accesorios dibujados por el novohispano José Antonio de Alzate y Ramírez (Biblioteca del Palacio Real, Madrid); 2) Horno conservado en el Cerco de los Buitrones, Almadén 242
5.3. El baritel es la máquina más común para extracción y desagüe minero. Tomada de Benito Bails, *Elementos de Matemáticas, vol. IX, Arquitectura Hidráulica,* Impr. Viuda de Joaquín Ibarra, Madrid, 1776 243
5.4. Sobre la minería en la *Encyclopédie* de Diderot y D'Alembert: 1) Instrumentos de medición esenciales para la «Geometría Subterránea»; 2) Ruedas movidas por energía hidráulica; 3) Baritel y tornos; 4) Baritel y entibado en madera 244
5.5. Agustín de Betancourt: *Primera Memoria sobre las aguas existentes en las Reales Minas de Almadén y sobre las Máquinas y demás concerniente a su extracción* (julio, 1783). Manuscrito, Biblioteca Nacional, Madrid 246
5.6. Agustín de Betancourt: *Segunda Memoria sobre las máquinas que se usan en las minas de Almadén, en que se expresan sus ventajas y defectos, y algunos medios de remediarlos* (julio, 1783) 246
5.7. Máquina de vapor de simple efecto y condensador independiente instalada en Almadén para el achique de agua, bajo la dirección de Tomás Pérez Estala. Dibujo de José Morete de Varela: *Atlas o Colección de Planos de las Reales Minas de Almadén*, 1803 247
5.8. Producción de Almadén en la segunda mitad del siglo 248

5.9. Fundiciones de La Cavada: Horno alto con sistema hidráulico para mover los barquines de soplado, por Erasmo Somazi, 1789 (Museo Naval, Madrid, P7B-16) . . .255
5.10. Descripción realizada para acometer obras de rehabilitación y desagüe, consta de dos vistas: 1) «Perspectiva (significada a tajo)...»; y 2) «Plano topográfico... presentado a vista de pájaro». Dibujo de D. Fermín de Reygada, Piloto Náutico, México, 1789 (Archivo General de la Nación, México, n.º de catálogo 2766) 263
5.11. Representaciones planimétricas de la explotación de minas: 1) *Mapa de la Mina de la Purísima Concepción, con su cerro, con toda su altura y longitud y con sus labores.* Dib. por Carlos Weinold, 1790 (Archivo General de la Nación, México, n.º 2763); 2) *Prospeto del cerro de Potosí (visto por la parte norte).* Se muestra parte de la Villa Imperial de Potosí (G), así como la rivera que sale de las Lagunas y canal que surte a los ingenios (Archivo General de Indias, M. y P., Buenos Aires, 121) 266
5.12. Representación de diversos planos de explotación de una mina entibada con mampostería. Ilustra un método para trabajar las minas «inventado y practicado» por el Sargento Mayor de Dragones de Canta, D. Gaspar de Sabugo (AGI, M. y P., Perú y Chile, 121) 270
5.13. Máquinas para moler el mineral de tipo *ruello* (vía húmeda) y *rastra*, movidas por rodeznos con rueda superior e inferior, respectivamente (Colección Martínez Compañón, vol. II, estampas 104 y 109, siglo XVIII, Biblioteca del Palacio Real, Madrid) 271
5.14. Las diversas fases del proceso de amalgamación en una hacienda de beneficio, tal como se practicaba en Potosí y en general en toda el área andina en el siglo XVIII (Colección Martínez Compañón, siglo XVIII, vol. II, estampa 110, Biblioteca del Palacio Real) 274
5.15. Máquina de barriles para la amalgamación. Construida por el minero y azoguero de Su Majestad, Ignacio Amoroto en Quirubilca, Trujillo del Perú, en 1789 (Colección Martínez Compañón, vol. II, estampa 111, siglo XVIII, Biblioteca del Palacio Real, Madrid) 275

6.1. Xilografías representando algunos oficios barceloneses (siglo XVIII) 283
6.2. Certificación de los Cinco Gremios Mayores de Madrid 284
6.3. San Jerónimo, patrón del Colegio del Arte Mayor de la Seda (*Gremio de Velluters*) de Valencia 286
6.4. Del Colegio del Arte Mayor de la Seda (Gremio de *Velluters*) de Valencia: 1) Fragmentos del espectacular pavimento cerámico del salón de Juntas; 2) Piezas con los símbolos colegiales en cerámica del XVI 289
6.5. Las múltiples procesiones que organizaban los gremios son muy ilustrativas de su función religiosa: la Archicofradía de la Vera Cruz y colegio de tintoreros de paños de Barcelona, en Semana Santa 290
6.6. Ordenanzas concedidas por Felipe V a los plateros de Zaragoza (1742), con la imagen de San Eloy, su patrón (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza) 292
6.7. La interacción entre las Sociedades Económicas y los gremios fue muy importante: *Aprobación del plan para la reforma de las ordenanzas de los gremios elaborado por la Real Sociedad Aragonesa de Amigos del País*, Zaragoza, 1784 (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza) 293
6.8. Pontoneros fundando en agua: B. Bails, *Elementos Matemáticos*, Madrid, 1776 (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza) 296
6.9. Extinción y renovación: Extinción de los gremios de Torcedores de Seda, 1793, y nuevas ordenanzas para los Estereros y Esportoneros, 1802 (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza) 299
6.10. La función asistencial de los gremios es evocada por *El albañil herido* (1786), (fragmento) del cartón de Francisco de Goya (Museo del Prado, Madrid) 304

6.11. Los paños de difuntos son indicadores importantes de la función religioso-asistencial de los gremios: El paño del gremio de curtidores de Barcelona, 1764 (Museo de Historia de Barcelona) 305
6.12. Real Cédula de confirmación de ordenanzas para la cofradía de San Joaquín, de mercaderes y comerciantes de la ciudad de Zaragoza (1801). El dibujo, debido a Juan Andrés Merklein (1761), hace alusión al patrón y a la Virgen María, su hija 306

7.1. Real Sociedad Económica Matritense: 1) Orden de pago a Matías Fernández por el modelo de una máquina para moler el trigo, inventada por el autor en 1781 (ARSEM, leg. 26/17); 2) Premios ofrecidos por los Amigos del País para el fomento de las Artes y Oficios en 1784 (Archivo RSE de Madrid, leg. 26/1) 316
7.2. Dibujo de una cabria y explicación de la misma. Anónimo, *Libro de artillería, sus carruajes, ajustes y otras máquinas*, finales del siglo XVIII (Biblioteca RSE, Madrid) ... 319
7.3. Diseños a los que se les concedió privilegio de patente por el Consejo Real (ARSE Madrid, leg. 63/1): 1) Tahona de Sebastián de Arribas; 2) Perfil de una tahona que producía un tercio más que las comunes 322
7.4. Colección del capitán Gutiérrez Salamanca para la Económica Matritense, 1784-1789 (ARSE Madrid, leg. 63/1): 1) Modelo de maceración para materiales resistentes; 2) Molino con noria para ríos caudalosos 323
7.5. «Máquina para moler escorias de bronce y limpiar las piezas cuando salen de la fundición, dejándolas limpias», *Libro de artillería, sus carruajes, ajustes y otras máquinas* (BRSE Madrid): 1) Plano; 2) Prespectiva [sic] con caballería 327
7.6. Ilustraciones en artículos para el proyectado diccionario de relojería del maestro Julián de Velasco, 1786 (ARSE Madrid, leg. 79/15) 328
7.7. Máquina neumática realizada por Diego de Rostriaga, 1770 (Museo Nacional de Ciencia y Tecnología, Madrid, n.º de inventario: 85-4-723) 331
7.8. De la valoración positiva de las artes prácticas (disertación de Antonio Arteta de Monteseguro, premiada por la RSE Aragonesa, 1781) y de la técnica científicamente fundada (apertura de las cátedras de Botánica y Química, 1797). Fondos RSE Aragonesa, Zaragoza 333
7.9. Potenciación del uso del carbón de piedra, frente al corte de leña en los montes (Archivo RSE Aragonesa, Zaragoza) 334
7.10. De la obsesión docente de la RSE Aragonesa: 1) J. Conde, *Rudimentos de Dinámica*, Zaragoza, 1781; 2) *Ejercicios de Matemáticas puras y mixtas*, bajo la dirección de L. Rancaño de Cancio, director de la Escuela de Matemáticas de la RSE Aragonesa, Zaragoza, 1788 (Fondos RSE Aragonesa, Zaragoza) 337
7.11. Máquina premiada por la Real Sociedad Aragonesa: Diseño de Antonio Regás para aserrar piedra. Dibujo de J. Conde, grabado por Mateo González, Zaragoza, 1781. (Fondos RSE Aragonesa, Zaragoza) 340
7.12. Láminas probablemente dibujadas por J. Conde, para su cursos de *Matemática Mixta.* Zaragoza, 1786 (Fondos RSE Aragonesa, Zaragoza) 341
7.13. La Escuela de Dibujo de la Real Sociedad Económica Aragonesa se transformó en 1793 en Real Academia de las Tres Nobles Artes de San Luis: 1) Emblema, grabado por Mateo González sobre la base del propio de la Real Sociedad Económica Aragonesa; 2) Juan Martín de Goicoechea y Galarza, fundador y patrocinador en su seno de la Escuela hasta la transformación en Real Academia, retratado por Buenaventura Salesa y Borja, h. 1800 (Fondos RSE Aragonesa, Zaragoza) 348
7.14. La agronomía fue una preocupación fundamental en las Sociedades Económicas: *Memoria sobre el conocimiento de las tierras*, por F. Consul Jové i Tineo, RSEAP de Santiago de Compostela, 1786 (Fondos RSE Aragonesa, Zaragoza) 352

8.1. El *Semanario de Agricultura,* escrito por Pedro Araus (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza) 361

8.2. 1) José Antonio Valcárcel, *Agricultura General y gobierno de la Casa de Campo,* Valencia, 1770; 2) Francisco Vidal, *Conversaciones Instructivas en que se trata de fomentar la Agricultura por medio del riego de las tierras,* Madrid, 1778 (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza) 362
8.3. Traducción de la obra coordinada por el abate Rozier, *Curso Completo o Diccionario Universal de Agricultura* (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza) 363
8.4. La intensificación de los rendimientos de la agricultura se veía muy vinculada a la aportación de nutrientes. A concienciar de esa necesidad se destinaron varias publicaciones, como esta de Torres, de 1783, premiada por la Sociedad Económica de Amigos del País de Madrid, o la de Ferrer, de 1785, ambas publicadas en Madrid ... 365
8.5. Sembradora seiscentista de Lucatello, que aparece en una de las *Memorias de la Sociedad Económica de Amigos del País de Madrid,* 1788 (también, en la *Encyclopédie* de Diderot y D'Alembert (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza) 366
8.6. Los tratados dedicados a difundir las nuevas técnicas para medir las tierras o las minas: Francisco Verdejo González, *Arte de medir tierras y aforar los líquidos y sólidos,* Madrid, 1796 (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza) 368
8.7. *Semanario de Agricultura y Artes dirigido a los párrocos* (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza) 370
8.8. *Habit de Laboureur,* dibujado y grabado por Mr. De Larmes, París 371
8.9. *Nuevo Plan de Colmenas* dado a la prensa por el presbítero J. A. Sampil, Madrid, 1798 (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza) 372
8.10. Los *Anales de Ciencias Naturales*, la publicación periódica más destacada de fines del siglo XVIII, impulsada entre otros por Larrañaga y Herrgen, fue un elemento muy importante de difusión de la actividad científico-técnica. En ella aparecieron, entre otros, escritos de Francisco de la Garza relacionados con la metalurgia (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza) 375
8.11. Miguel Gerónimo Suárez: *Colección General de Máquinas,* Madrid, 1783 (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza) 378
8.12. Carlos Ardit: *Tratado teórico y práctico de la fabricación de pintados o indianas,* Barcelona, ya en 1819 (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza) 379
8.13. Joseph Lapayese: *Tratado del arte de hilar, devanar, doblar, y torcer las sedas, según el método de Vaucanson,* Valencia, 1784 (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza) 381
8.14. Urbanismo, construcción y sus técnicas auxiliares de agrimensura, delineación y aguas subterráneas: 1) Teodoro Ardemans, *Fluencias de la Tierra y Curso Subterráneo de las Aguas,* Madrid, 1724; 2) Juan García Berruguilla, *Verdadera Práctica de la Geometría, sobre las tres dimensiones para un perfecto Architecto con una total resolución para medir, y dividir la Planimetría para los Agrimensores,* Madrid, 1747 (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza) 383

9.1. Fases de la Revolución Agrícola en Gran Bretaña, Francia y España 412
9.2. Traducción francesa de la obra de Jethro Tull y folleto publicado en España en 1751 como complemento del *Tratado del cultivo de las tierras* de Duhamel de Monceau ... 414
9.3. Emblemas de algunas Sociedades Económicas de Amigos del País. Muchas de estas instituciones incluyeron en sus escudos símbolos relacionados con la agricultura y su modernización 416
9.4. Entrada del Jardín Botánico de Madrid. Esta institución fue la precursora de la Escuela Central de Agricultura creada en 1855, de donde saldrían las primeras promociones de ingenieros agrónomos (M. Colmeiro, *Bosquejo histórico y estadístico del Jardín Botánico de Madrid,* Madrid, Uhagón, 1875) 419
9.5. Monografías sobre los olivos y la viña. El fomento de estos cultivos fue una de las prioridades de los agrónomos ilustrados de la España mediterránea 421
9.6. El *Semanario de Agricultura y Artes dirigido a los párrocos* (1797-1808) fue la primera revista especializada de carácter técnico que se editó en España. Esta publicación informaba de los nuevos inventos y propuestas técnicas, como el volvedor

de Manzanares, encaminadas a mejorar la productividad de la agricultura española (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza) 423
9.7. Durante el siglo XVIII, el trigo (*Triticum sp.*) era el cultivo más extendido. En la España húmeda fue sustituido paulatinamente por el maíz (*Zea mais*). La alternancia de cultivos favoreció la introducción de nuevas especies, principalmente forraje para el ganado como el trébol (*Trifolium pratense*) o los nabos (*Brassica napus*). (*Herbarium Blackwell*, Nuremberg, 1750-73; M. Bonafous: *Histoire Naturelle, agricole et economique du maïs*, París, 1836; J. Sturm: *Deutschlands Flora in Abbildungen*, 1796) 427
9.8. El cultivo de la patata (*Solanum tuberosum*) y su incorporación a la dieta humana fue una de las prioridades de los ilustrados (J. J. Plenck: *Icones Plantarum Medicinalium*, 1788). La obra de Enrique Doyle fue el principal texto que se publicó en la España ilustrada sobre el cultivo de la patata 435
9.9. Partes del arado romano o común. R, reja; D, dental; O, orejeras; C, cama o telera; E, esteva; T, timón 438
9.10. Diferentes modelos de arados comunes utilizados en España durante el siglo XVIII (J. Townsend: *A journey through Spain in the years 1786 and 1787*, Londres, C. Dilly, 1791) 438
9.11. Sembradora de Joseph Lucatello, inventada en 1663 durante el reinado de Felipe IV. Fue una de las primeras máquinas agrícolas que se diseñaron, siendo muy conocida entre los ambientes ilustrados europeos. Se reprodujo en la Enciclopedia francesa (*Recueil de planches, sur les sciences, les arts libéraux et les arts méchaniques, avec leur explication*, París, [sd]) 439
9.12. Sembradora de Pascual Asensio en el *Semanario de Agricultura y Artes dirigido a los Párrocos*, Madrid, II, 1798 (Bibl. RSE Aragonesa, Zaragoza) 442
9.13. 1 y 2) Sembradora Regás: a. tolva, b. Carrito, c. palanca para abrir la compuerta, e. regulador del grano, f. Muelle; 3) Arado de Regás: A. dental; c. vertedera; f y H. reja (Antonio Sandalio de Arias y Costa: *Lecciones de Agricultura*, 2.ª ed., Madrid, Fuentenebro, 1818) 443
9.14. Trillo de Lucas Vélez (*Memorias de la Sociedad Económica*, Madrid, I, 1780) 444
9.15. Trillo de Salvador Pavón y Valdés (*Semanario de Agricultura y Artes dirigido a los Párrocos,* Madrid, 1802) 447
9.16. Volvedor de Manzanares (*Disertación y descripción de una nueva máquina o volvedor*, Madrid, 1777) 448

10.1. La Marina y los Montes: 1) Portada de la Ordenanza de 31 de enero de 1748, aplicable a los montes bajo la jurisdicción de la Marina; 2) Portada del *Compendio* de silvicultura de Juan Bautista Galobardas, teniente visitador de la Marina 459
10.2. Duhamel de Monceau: 1) Lámina perteneciente a *De l'exploitation du bois*; 2) Portada de la traducción de Casimiro Gómez Ortega: *Tratado de las siembras y Plantíos de los árboles y de su cultivo*, Impr. Joaquín Ibarra, Madrid, 1773 464
10.3. Mapa con la situación de los bosques de abetos en el valle de Boí, en el Pirineo catalán, levantado por el teniente coronel Pedro Vicente de Gambra en 1803 (Fuente: *Atles de les viles, ciutats i territoris de la provincia de Lleida*, Lleida, 2001) 471
10.4. Mapa manuscrito de la sierra de la Sagra perteneciente a la *Historia Natural del Reino de Granada* (Fuente: Simón de Rojas Clemente: *Viaje a Andalucía Historia Natural del Reino de Granada,* 1804-1809) 479
10.5. Parte de la lámina 22 del *Álbum del Marqués de la Victoria* (Museo Naval de Madrid) con el mapa topográfico de la mayor parte de la cuenca del Ebro, en el que están indicados los montes de interés para la Marina de acuerdo con el reconocimiento efectuado en abril de 1739 486
10.6. Lámina 25 del *Álbum del Marqués de la Victoria* (Museo Naval de Madrid) con el «Plano geográfico e hidrográfico, y mapa general de todos los pueblos, montes, arboledas, latitud, y longitud, gobernadores, y justicias de sus vecindarios,

matriculados, y embarcaciones que comprende toda la provincia de la ciudad de Sanlúcar de Barrameda» 487
10.7. Mapa de Juan Bautista Galobardas: «Bosquejo o croquis de los corregimientos del Valle de Arán, Talarn, Puigcerdá, Manresa, Vich y Cervera. Por D. Juan Bautista Galobardas Oficial honorario del Cuerpo del Ministerio de Marina, Teniente visitador de los Montes de Vich y Manresa en el año 1817». (Fuente: *Atles de les viles, ciutats i territoris de la provincia de Lleida*, Lleida, 2001) 490
10.8. Lámina número 26 del *Álbum del Marqués de la Victoria* (Museo Naval de Madrid), en la que se representa, según reza en el título, el «Canal donde se tiene enviada la madera. Tinglado donde se conserva, en los arsenales; corte de los árboles, en los bosques de construcción, y conocimiento después de cortados de su calidad y bondad» 495

Índice

Presentación: Lenguajes de la técnica en tiempos de revoluciones 7
La lengua 11
El dibujo: cartográfico, arquitectónico y de máquinas 14
Las matemáticas 37
Una perspectiva del volumen 40

1. La introducción de nuevas técnicas: de la inmigración tecnológica al espionaje industrial.
Juan Helguera Quijada 47
1.I. La situación de las manufacturas españolas a comienzos del siglo XVIII: desindustrialización y dependencia 47
1.II. La inmigración tecnológica 50
1.III. El espionaje industrial 58
1.IV. Los resultados: un primer balance de las transferencias de tecnología en el sector público 71
1.V. Un caso ejemplar: la introducción de la máquina de vapor 82
Bibliografía 93

2. Arquitectura industrial borbónica.
Aurora Rabanal Yus 95
2.I. Tipología arquitectónica 97
2.I.1. Reales Fábricas concebidas como bloques unitarios en torno a uno o más patios interiores 100
2.I.2. Establecimientos ordenados en pabellones 101
2.I.3. Tipo mixto 102
2.I.4. Función residencial de los establecimientos 102
2.I.5. Alzados, fachadas y espacios interiores 104
2.I.6. Autores de proyectos 105
2.II. Manufacturas reales del sector textil 106
2.III. Monopolios reales 112
2.IV. Establecimientos dedicados a la producción de objetos suntuarios .117
2.V. Reales fundiciones 120
Bibliografía 127

3. El nacimiento de la Teoría de Máquinas y Betancourt.
Juan Ignacio Cuadrado Iglesias y Marco Ceccarelli 131
3.I. El desarrollo de la Teoría de Máquinas: una perspectiva general ...133
3.II. La innovación en el diseño de máquinas 138
3.III. La clasificación de mecanismos 140
3.III.1. Las colecciones de diseños de máquinas y mecanismos antes del *Essai*. 140
3.III.2. La aportación del *Essai* en la clasificación de mecanismos 148
3.III.3. El problema de la clasificación de mecanismos después del *Essai* 157
3.IV. El guiado rectilíneo en la máquina de vapor 159

3.IV.1. La máquina de vapor antes de Watt 160
3.IV.2. La máquina de Watt 162
3.IV.3. Betancourt y la máquina de vapor 169
3.IV.4. El problema cinemático del guiado rectilíneo después de Watt y Betancourt 176
3.V. Conclusión 179
Bibliografía 179

4. Técnica, ciencia e industria en tiempo de revoluciones. La química y la mecánica en Barcelona en el cambio del siglo XVIII al XIX.
Antoni Roca Rosell 183
4.I. Cataluña, modernización económica y enseñanza técnica y científica 183
4.I.1. El interés por una enseñanza pública. La cuestión de la Universidad de Barcelona 185
4.I.2. El Colegio de Cordelles 187
4.I.3. Las enseñanzas promovidas por la Junta Particular de Comercio 190
4.II. Barcelona, 1805, se inaugura la cátedra de química 194
4.II.1. Plan de las enseñanzas de química aplicada 196
4.II.2. Un «Liceo artístico» 199
4.II.3. Vinicultura y destilación de alcoholes 202
4.II.4. Tinturas 204
4.III. Barcelona, 1807, se inaugura la Escuela de Mecánica 206
4.III.1. Una interesante alianza, Francesc Santponç i Roca y Jacint Ramon 206
4.III.2. La investigación de Santponç 210
4.III.3. La máquina "grande" 217
4.III.4. Repercusión pública. Balance de la experiencia 222
4.III.5. La enseñanza de la mecánica 224
4.III.5.1. El gabinete de máquinas de la Junta 225
4.III.5.2. Inicio de la escuela 226
4.III.5.3. Programa de los cursos 227
4.III.5.4. Generalizar la enseñanza de la mecánica a toda España 229
4.IV. Conclusiones 230
Bibliografía 231

5. Minería y metalurgia en España y la América hispana en tiempo de Ilustración: el siglo XVIII.
Julio Sánchez Gómez 237
5.I. La España peninsular 237
5.I.1. A comienzos del siglo 237
5.I.2. El marco legal de la minería 238
5.I.3. Las minas del sector estatal 239
5.I.3.1. Almadén 239
5.I.3.2. Riotinto 249
5.I.3.3. La minería de plomo en Linares 250
5.I.3.4. La minería bajo un fuerte control estatal 252

5.I.4. Las minas del sector privado 254
5.I.4.1. El hierro 254
5.I.4.2. El plomo de la Sierra de Gádor 257
5.I.4.3. Estaño en Galicia 258
5.I.4.4. El carbón mineral 258
5.I.5. Conclusión 260
5.II. La minería en la América española 260
5.II.1. Plata en Nueva España 261
5.II.2. Plata en Perú 268
5.II.3. La metalurgia de plata en México y Perú 272
5.II.4. El mercurio 276
5.II.5. La minería del oro 277
5.II.6. Cobre y estaño 277
Bibliografía 278

6. Los gremios.
Siro Villas Tinoco 281
6.I. Los antecedentes 281
6.II. Los gremios en la España ilustrada 285
6.III. Las opiniones sobre las actividades agremiadas 288
6.IV. Los gremios y la economía 291
6.V. La política y los gremios 295
6.VI. La funcionalidad social de las corporaciones de oficios 301
6.VII. Los gremios y las mentalidades colectivas 303
Bibliografía 308

7. Las Reales Sociedades Económicas de Amigos del País: docencia, difusión e innovación técnica.
José Francisco Forniés Casals y Antonio Manuel Moral Roncal 311
7.I. La técnica y las Sociedades Económicas 311
7.II. Objetivos, proyectos y logros tecnológicos: la Sociedad Matritense 315
7.III. Objetivos, proyectos y logros tecnológicos de otras Sociedades ...332
7.IV. Docencia e innovación técnica 339
7.V. Consideraciones finales 353
Bibliografía 355

8. Publicaciones técnicas destinadas a colectivos profesionales.
Julio Sánchez Gómez 357
8.I. Agricultura 360
8.II. Publicaciones relativas a la ganadería y recursos pesqueros 369
8.III. Publicaciones relativas a aprovechamientos energéticos, minería y metalurgia 373
8.IV. Publicaciones relativas a industrias varias: del textil a los instrumentos 377
8.V. Urbanismo, construcción y obras públicas 382
8.VI. Miscelánea y conclusiones 384
Bibliografía 386

9. La agronomía en la España del Setecientos.
Jordi Cartañà i Pinén 409
9.I. El cambio tecnológico en la agricultura europea 410
9.II. Las instituciones y el fomento agrícola 413
9.II.1. Las Sociedades Económicas de Amigos del País 414
9.II.2. La actividad agronómica del Jardín Botánico de Madrid y los Jardines de Aclimatación 418
9.II.3. La Academia de Ciencias y Artes de Barcelona 420
9.III. La enseñanza agrícola 421
9.III.1. *El Semanario de Agricultura y Artes dirigido a los párrocos* 424
9.III.2. Las cátedras de Agricultura 425
9.III.3. Las realizaciones durante el reinado de Carlos IV 428
9.IV. Las aportaciones técnicas de los agrónomos españoles 431
9.IV.1. La alternancia de cultivos 431
9.IV.2. La introducción y el fomento de nuevos cultivos alimenticios. El caso de la patata 434
9.IV.3. Los nuevos métodos de cultivar la tierra 437
9.IV.4. La mecanización en el campo 440
Bibliografía 449

10. Conocimiento científico, innovación técnica y fomento de los montes durante el siglo XVIII.
Vicente Casals Costa 453
10.I. Continuidad y ruptura en la política de montes y plantíos del reformismo borbónico 455
10.I.1. Las ordenanzas municipales y su contenido en materia de montes 456
10.I.2. Las *Ordinacions* catalanas y la *Instrucción* de Toribio Pérez Bustamante 458
10.I.3. El fluir de las ideas: la influencia francesa en materia de montes 460
10.I.3.1. Colbert y la influencia en España de la ordenanza de 1669 461
10.I.3.2. La difusión de las obras de Duhamel du Monceau 463
10.II. Las ordenanzas de 1748 y la militarización del monte 465
10.II.1. El estado de los montes hacia finales del siglo XVIII 469
10.II.1.1. El punto de vista de las instituciones 469
10.II.1.2. La visión de los viajeros 474
10.II.1.3. La visión de los naturalistas 479
10.III. El lento arraigo del conocimiento científico del monte en España 483
10.III.1. La labor de los técnicos de la Marina 483
10.III.2. El Jardín Botánico de Madrid y las cátedras de Agricultura 489
10.III.3. La Sociedad Económica Matritense y la difusión de la silvicultura 491
10.III.4. De la arboricultura a la silvicultura 494
Bibliografía 496

Apuntes biográficos 501

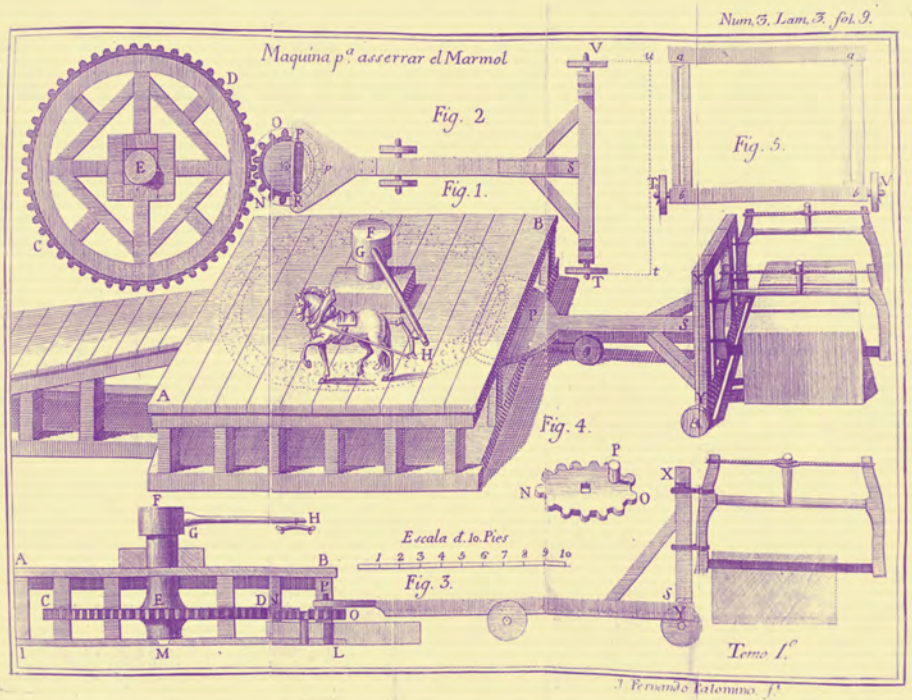
Índice de ilustraciones 559

Índice abreviado del volumen II

El Siglo de las Luces.
De la ingeniería a la nueva navegación

Presentación: Del agotamiento renacentista a una nueva ilusión 9

1. La renovación de la actividad científica en la España del siglo XVII y las disciplinas físico-matemáticas.
Víctor Navarro Brotons 33
2. Ciencia, técnica y poder.
Siro Villas Tinoco 75
3. Sobre la institución y el desarrollo de la ingeniería: Una perspectiva europea.
Irina Gouzevitch y Hélène Vérin 115
4. Institucionalización de la ingeniería y profesiones técnicas conexas: misión y formación corporativa.
Manuel Silva Suárez 165
5. Consideraciones sobre el léxico "técnico" en el español del siglo XVIII.
Pedro Álvarez de Miranda 263
6. La arquitectura de arquitectos e ingenieros militares: diversidad de lenguajes al servicio del despotismo ilustrado.
Arturo Ansón Navarro 291
7. Ciencia, técnica e ingeniería en la actividad del cuerpo de ingenieros militares. Su contribución a la morfología urbana de las ciudades españolas y americanas.
Horacio Capel Sáez 333
8. Ingeniería y obra pública civil en el Siglo de las Luces.
Juan José Arenas de Pablo 383
9. La política de construcción de canales. Una aproximación.
Guillermo Pérez Sarrión 429
10. La fortificación española en los siglos XVII y XVIII: Vauban, sin Vauban y contra Vauban.
Fernando Cobos Guerra 469
11. Navegación e hidrografía.
Manuel Sellés García 521
12. Construcciones, ingeniería y teóricas en la construcción naval.
Julián Simón Calero 555



INSTITUCIÓN FERNANDO EL CATÓLICO

DIPUTACIÓN D ZARAGOZA

GOBIERNO DE ARAGON
Departamento de Ciencia, Tecnología y Universidad