

MANUEL SILVA SUÁREZ, ed.

**TÉCNICA E INGENIERÍA
EN ESPAÑA**

III

EL SIGLO DE LAS LUCES
De la industria al ámbito agroforestal

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

La agronomía en la España del Setecientos

Jordi Cartaña 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 desarrollando¹.

Según Lluís Argemí², 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.

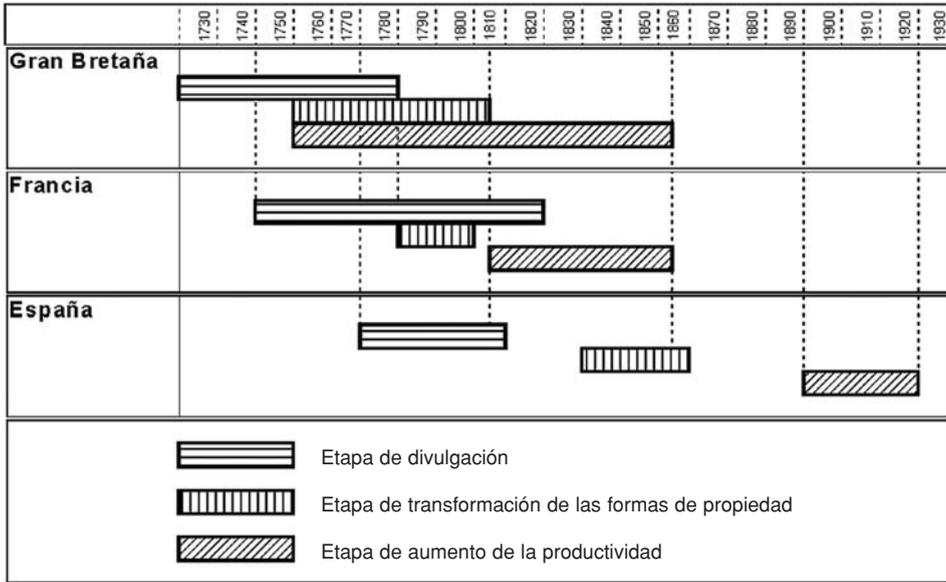
En este sentido, ya en 1617 el prior de la catedral de Perpinyà, Miguel Agustí, publicó en Barcelona el *Llibre dels secrets d'agricultura, casa rústica y pastoril*, que tuvo mucha difusión en la zona mediterránea⁵ y donde recomendaba una alternancia de cultivos para eliminar el barbecho. El texto dice 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 años⁸.

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.

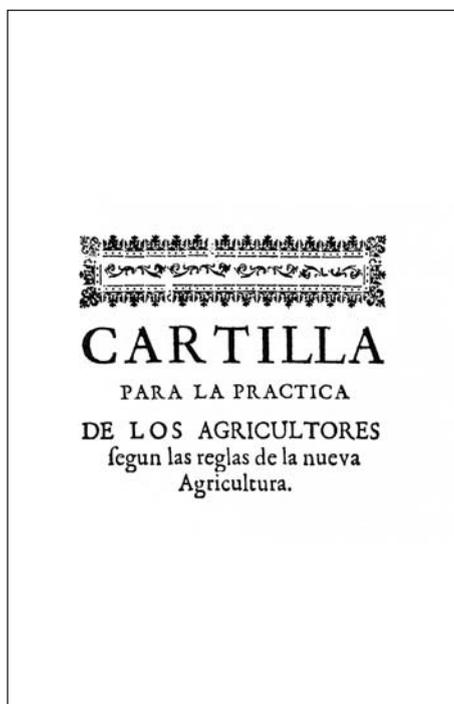
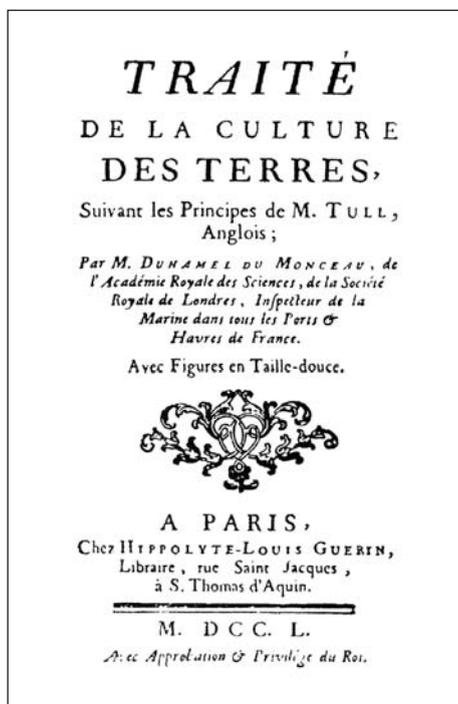
II

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.



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 Agricultura¹⁰.

Los precursores de las sociedades económicas habían sido la Academia de Agricultura de Lérida¹¹, creada en 1763 y que estuvo activa muy poco tiempo, y la Academia de Agricultura del Reino de Galicia, en 1764¹². 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 habitantes¹³– 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 cacahuete¹⁴ 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 usitatissimum*) 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.

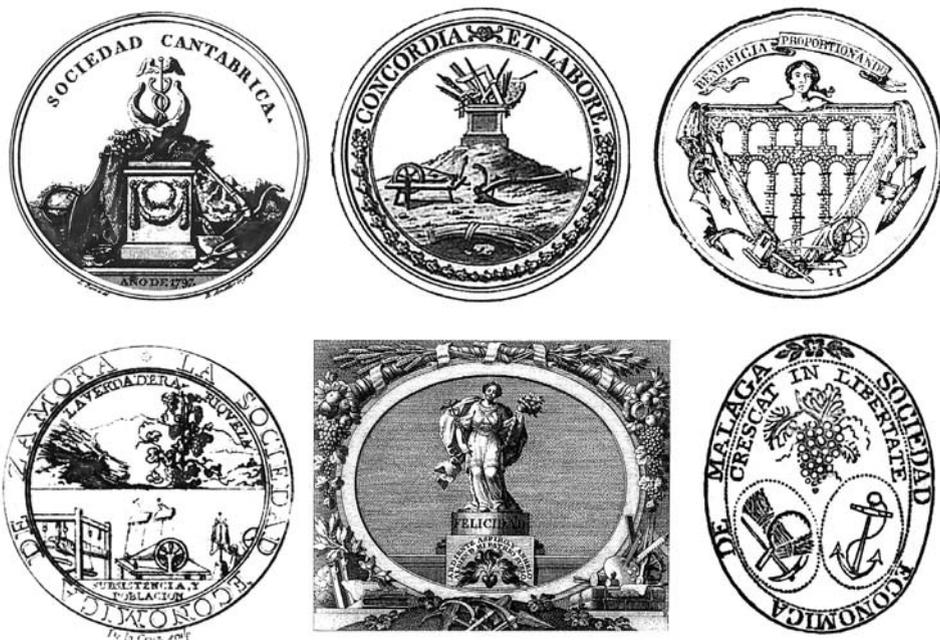
¹¹ Sobre la Academia de Agricultura de Lérida, ver E. LLUCH, 1973, pp. 160-162.

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 nuevas¹⁶. 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 características¹⁷, 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 sericultura 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
Sericultura.....	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 el 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.

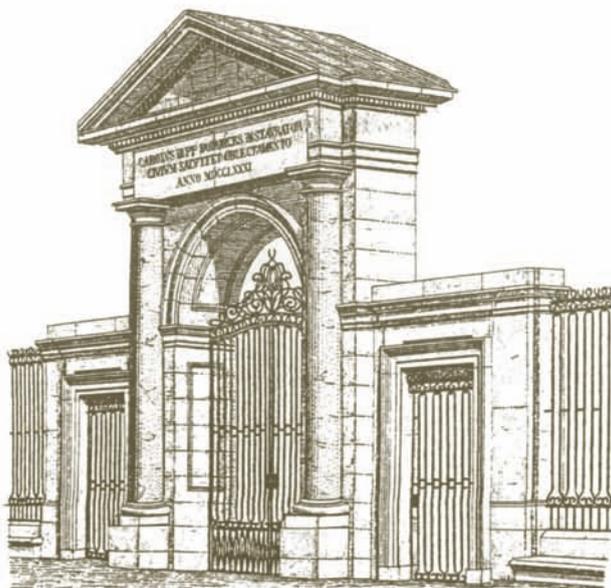
La necesidad de aclimatar y connaturalizar las especies llegadas de América y otros continentes favoreció la creación de jardines de aclimatación en Andalucía y el levante español. La función de estos jardines era triple: investigadora, aclimatadora y docente. Las clases de botánica impartidas en estos 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 adelante²⁰. 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-

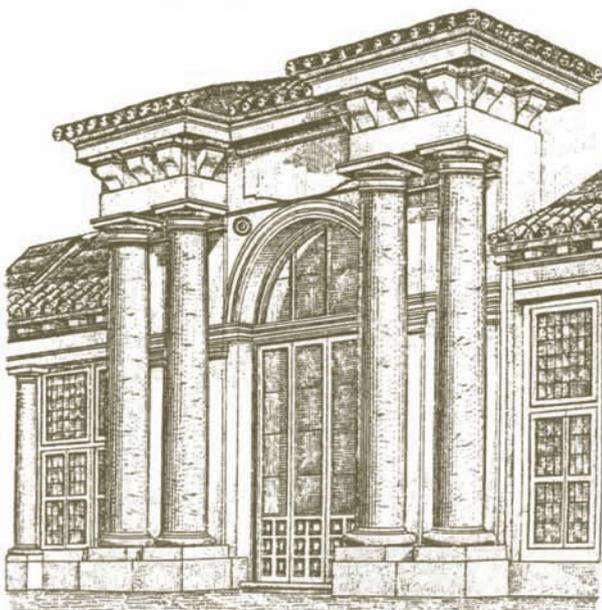
¹⁸ F. J. PUERTO, 1988, p. 24.

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



Puerta principal del Jardín botánico.



Puerta de la catedral y antiguas invernaderos.

G. Rodríguez, g.^o

Lit. de M. Fernández, P.^o de S. Nicolás 17 y 9.

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 Bou-telou 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 1764²². 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.

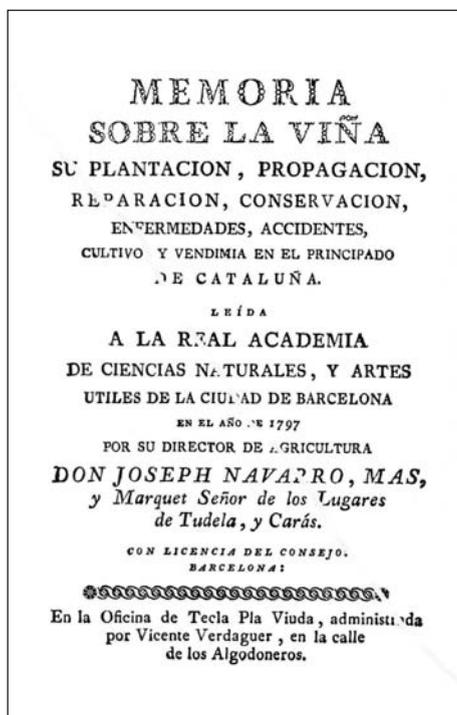
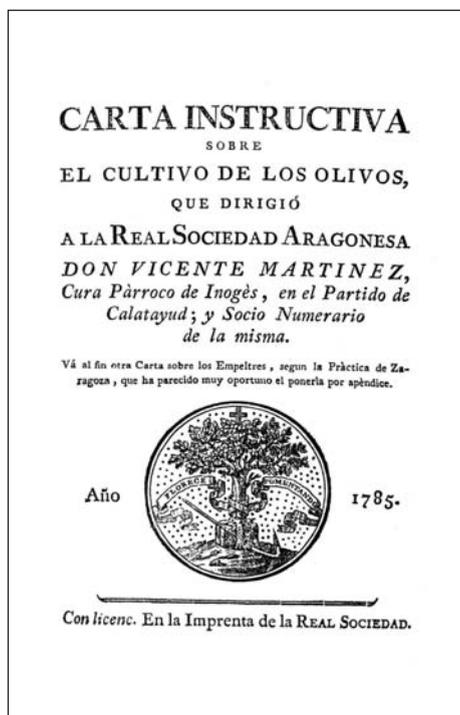
La primera actuación vinculada con la agricultura que llevó a cabo la Academia fue la elaboración en 1767 de una encuesta sobre el estado de la ganadería en todos los municipios de Cataluña, de la que se derivó un informe de gran interés para conocer el estado del campo catalán. No obstante, las tareas 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 tintóreas²³; 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.



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 Biblioteca 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 agua²⁴ 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 artificio 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 1779²⁵.

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 Grisellini sobre la necesidad de la enseñanza agrícola por parte de los párrocos²⁷, y Pedro Díaz de Valdés²⁸, 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 Grisellini. Secretario de la Sociedad Económica de Milán. Traducida por D.ª Josefa Amar y Borbón, Zaragoza, 1778.*

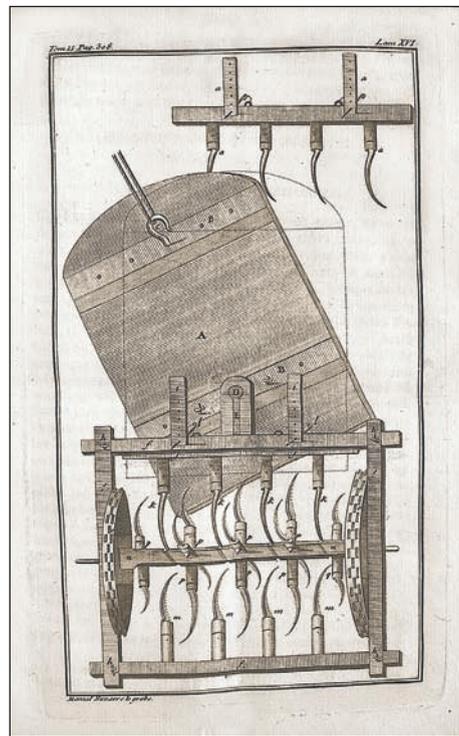
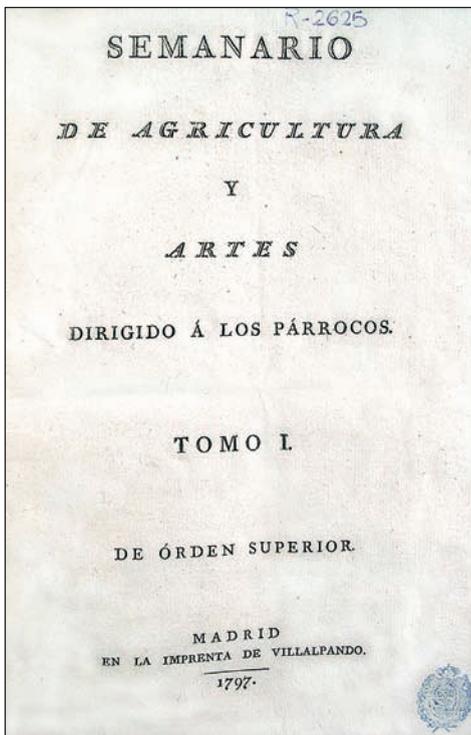
²⁸ Un estudio más detallado de Pedro Díaz de Valdés, en H. CAPEL, 1997, pp. 13-23.

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, *Epítome 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 maquinaria³⁷. 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 práctica³⁸. 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 refranes³⁹ 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 Sampayo⁴⁰.

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 respecto⁴¹. No obstante, la escuela funcionó al menos hasta 1802, en que los alumnos disertaron en sus exámenes sobre injertos, abonos y conservación de granos⁴².

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 granos⁴³, que se distribuyó entre los municipios de la región, y la traducción de una obra de Juan Seiferth sobre el cultivo del lino⁴⁴.

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).

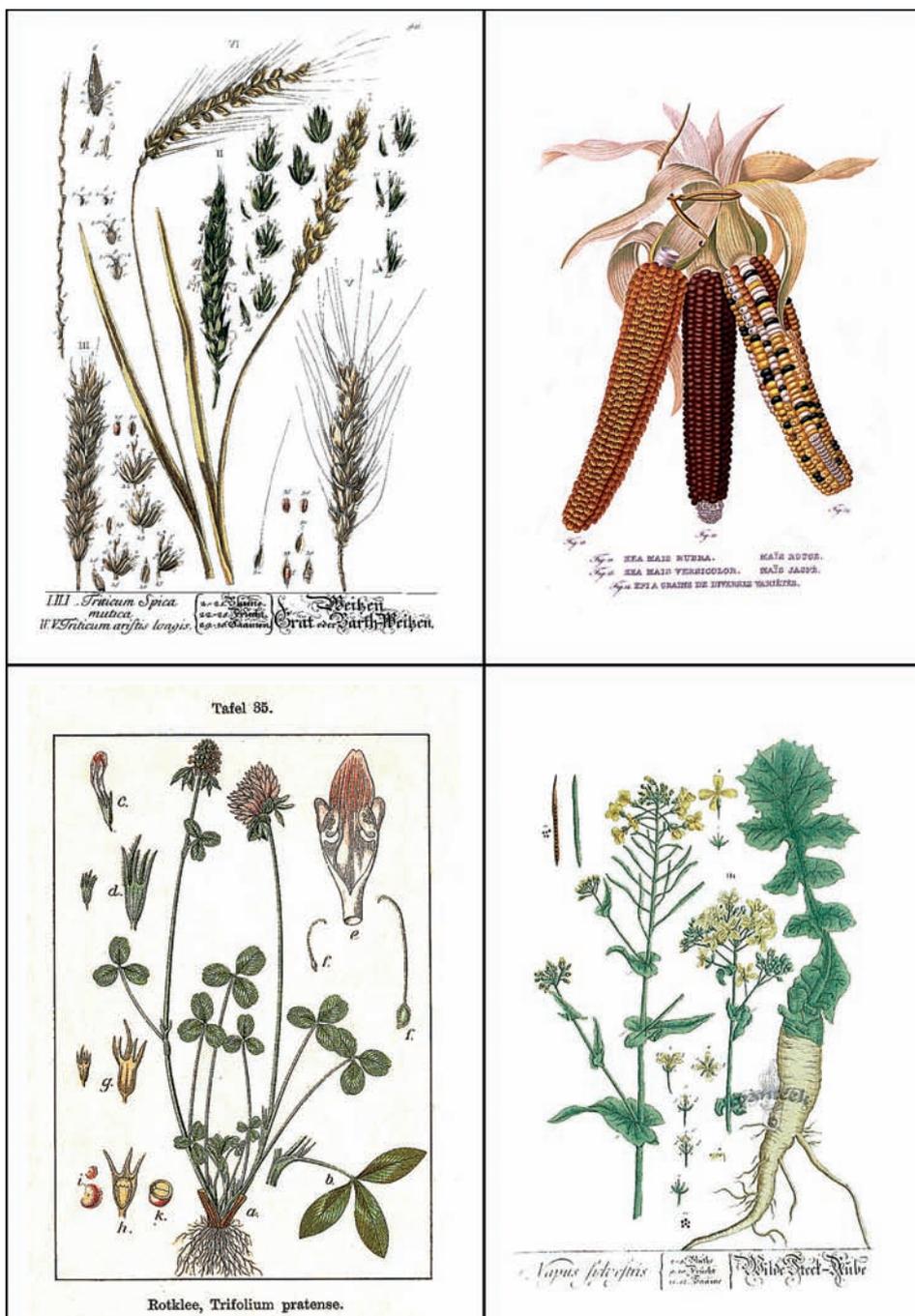
⁴¹ Acuerdo tomado por la Sociedad Económica el 16 de enero de 1789. Cit. en A. de G. ROCASOLANO, 1923, p. 76.

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 mays*). 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 économique 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 400⁴⁶. 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 Zaragoza⁴⁷.

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 aceite⁴⁸, 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 1798⁴⁹.

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 1805⁵⁰ 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 centro⁵², 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 Barrameda⁵³. 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 argán⁵⁴ 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 trigo⁵⁶.

En 1808, Francisco Terán⁵⁷ 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 baja⁵⁸.

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*), algarrobas⁶⁴ (*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 Linaje⁶⁵, hasta mitad del siglo XIX no se difundió este sistema, con el uso de nuevos vegetales, especialmente la patata como cultivo alterante 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		

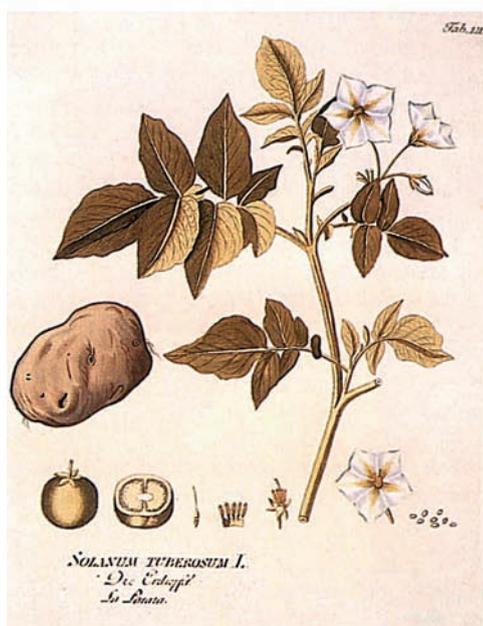
Elaboración propia a partir de ARIAS, 1818.

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 Girard⁶⁶. 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 DOTLE.
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 Galicia⁶⁷, Salamanca, la Mancha y otras regiones⁶⁸. 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 Principado⁶⁹.

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 Independencia⁷².

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 Aragón⁷⁴.

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 ediciones⁷⁵. 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 I. 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 patata⁷⁷ y en 1799 publicó un resumen de los escritos de Parmentier y Rozier dando instrucciones de su cultivo⁷⁸. Del mismo modo, la Sociedad Aragonesa publicó en 1798 un folleto para repartir entre los labradores⁷⁹, y aparecieron numerosos artículos en el *Semanario de Agricultura y Artes*, especialmente referidos al fomento de la patata en Castilla⁸⁰. 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 tradicional⁸¹. 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.

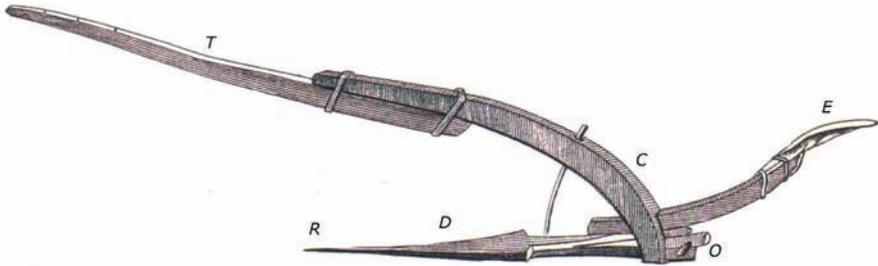
⁷⁸ *Extracto de las Actas de la Junta de individuos de la Real Sociedad Cantábrica, residentes en Madrid desde 19 de Agosto de 1798 hasta 27 de Diciembre de 1799*, Madrid, Marín, 1800.

⁷⁹ J. PIQUERAS, 1992, p. 110.

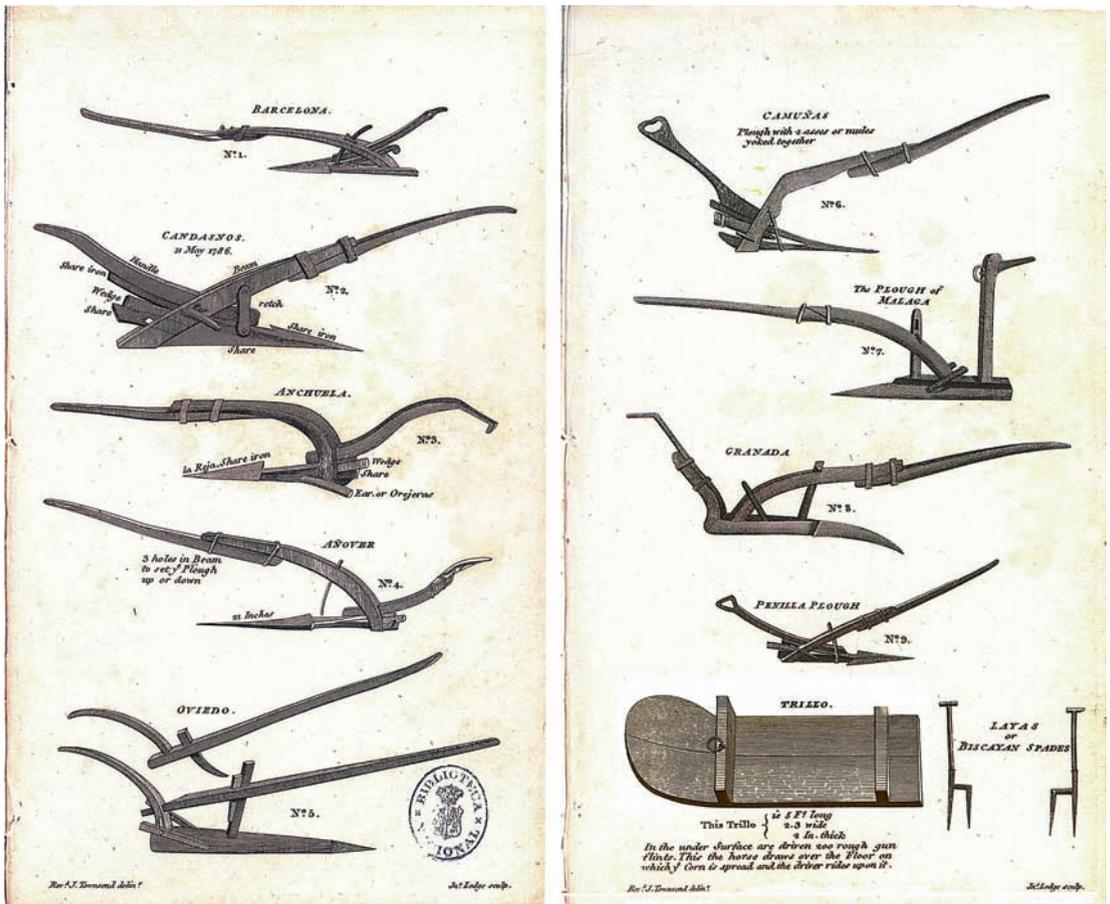
⁸⁰ J. Piqueras cita los siguientes artículos aparecidos en el *Semanario de Agricultura y Artes* que tratan sobre la patata: vol. II, 1797, p. 68; vol. III, 1798, pp. 64 y 319; vol. IV, 1798, p. 111; vol. VI, 1799, p. 401.

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 de sembrar trigo en vandas [sic]» (1776), en *Memorias de la Sociedad Económica*, Madrid, Sancha, 1780, vol. I, pp. 53-64.



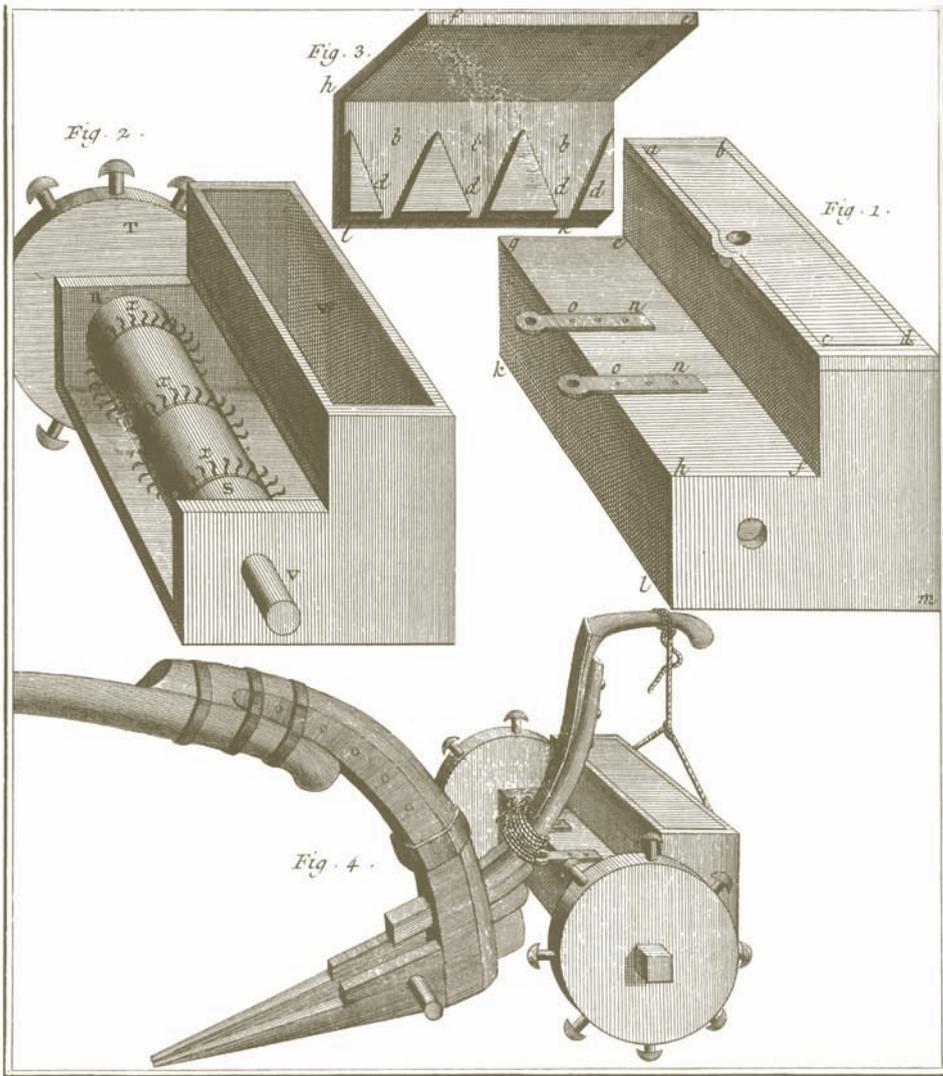
9.9. Partes del arado romano o común: R, reja; D, dental; O, orejeras; C, cama o telera; E, esteve; T, timón.



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 Mécaniques, 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 más 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 Lucatello⁸⁴– 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 Ransomes 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 posteriores⁸⁵.

Durante el reinado de Carlos III hubo un gran interés entre los ambientes agrónomos 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 reales⁸⁶. 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 fabricación⁸⁷.

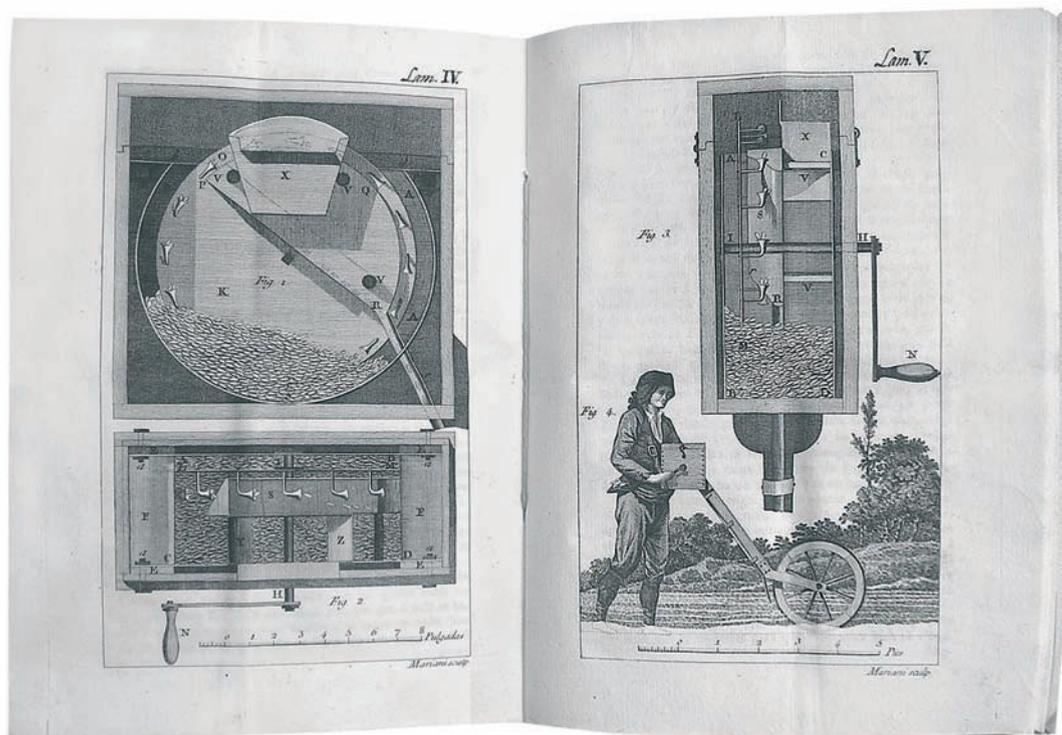
Los ilustrados españoles no sólo se preocuparon por conocer la maquinaria agrícola desarrollada en los países de nuestro entorno, sino que hicieron aportaciones concretas para mejorar los aperos tradicionales. Además de la sembradora inventada

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.)

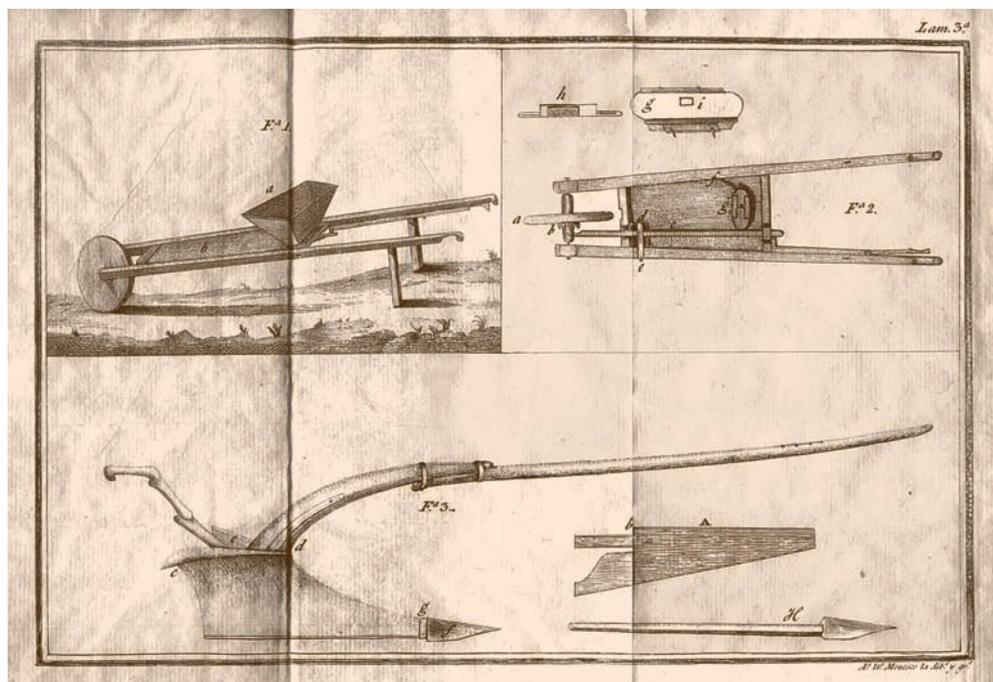
en el siglo XVII por José Lucatello, cabe destacar las modificaciones realizadas a los arados por Agustín Cordero, Salvador de Cárdenas y Antonio Regás, la sembradora de Vicente Asensio, los trillos de Lucas Vélez y Juan Álvarez Guerra y el volvedor de Manzanares.

Agustín Cordero, al evaluar los experimentos realizados en 1771 y 1772 sobre el cultivo del trigo⁸⁸, 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 Cartaña).

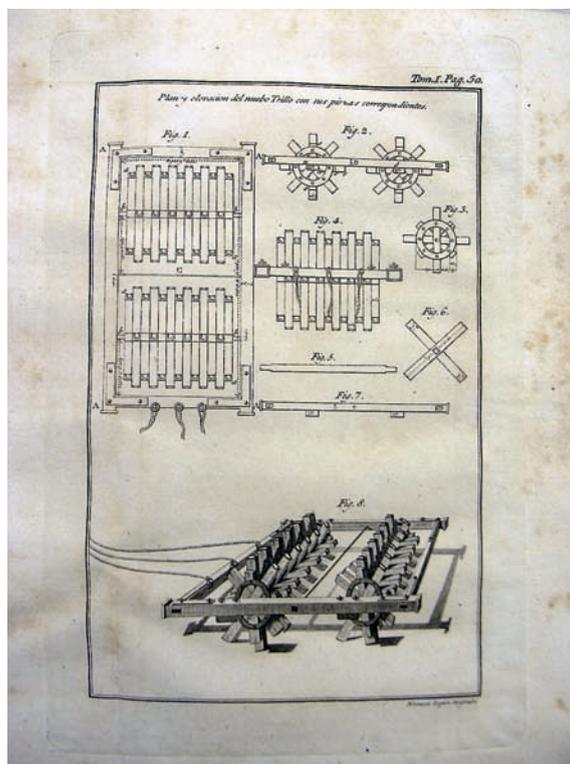
la nutrición vegetal imperaban en aquel momento. El autor, aun reconociendo sus limitaciones,

«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 difusión⁹², 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 Villanueva⁹³ 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 romano⁹⁵.

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, desperdiándose mucho grano, y sólo servía para sembrar trigo⁹⁷.

En este mismo sentido se manifestó Manuel Barba en 1787, cuando indicaba que «la sembradora 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 sembradora 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 Asensio¹⁰⁰. 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 trillo¹⁰³ 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-

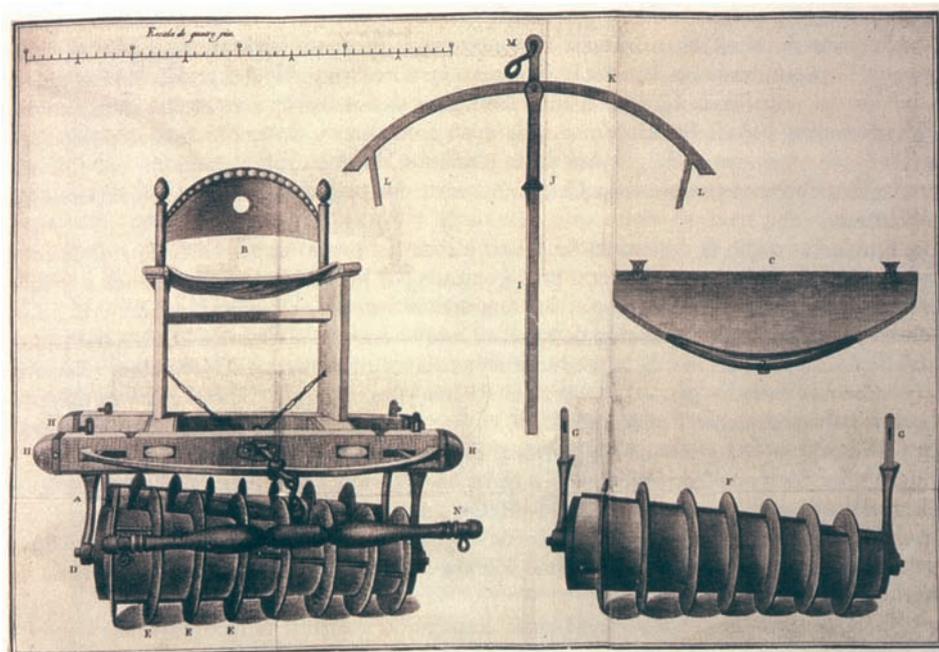
⁹⁹ A. S. de ARIAS, 1818, p. 183.

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 juegucito 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. Gracia¹⁰⁵ y Antonio Enríquez¹⁰⁶ a la Sociedad Aragonesa, y la de Pavón y Valdés presentada en 1793 a la de Granada¹⁰⁷.

En 1815 se presentaba en la Sociedad Económica madrileña¹⁰⁸ 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

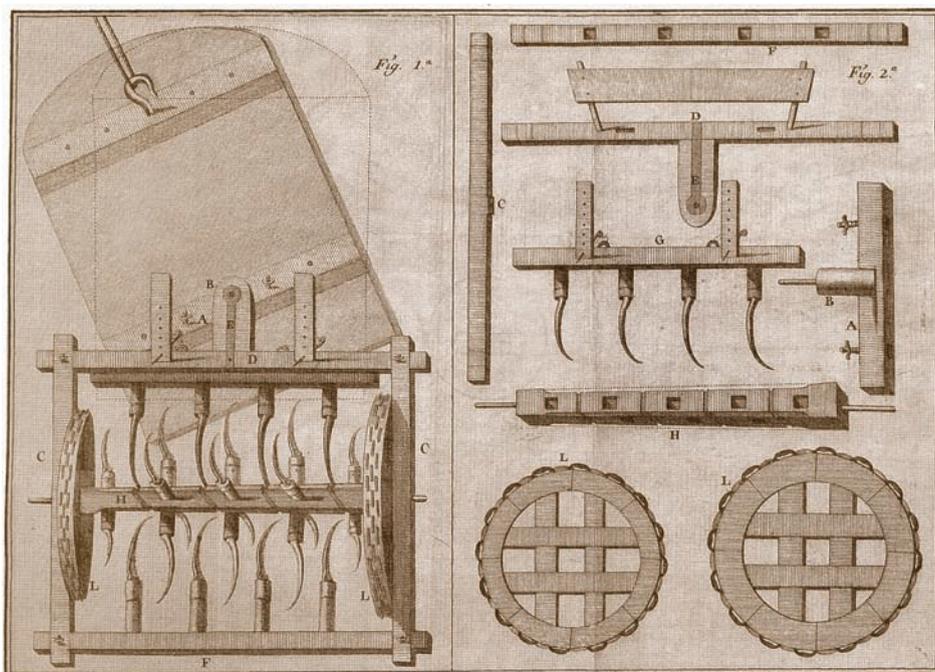
¹⁰⁴ A. CORDERO, 1780, p. 49, nota 2.

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 publicar¹⁰⁹. 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 1819¹¹¹.

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 tarde¹¹². 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.
- CARTANÁ, 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. Élite, 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.

ÍNDICE ABREVIADO DEL VOLUMEN III

EL SIGLO DE LAS LUCES. DE LA AGRONOMÍA AL ÁMBITTO AGROFORESTAL

Presentación: Lenguajes de la técnica en tiempos de revoluciones	9
1. La introducción de nuevas técnicas: de la inmigración tecnológica al espionaje industrial. <i>Juan Helguera Quijada</i>	47
2. Arquitectura industrial borbónica. <i>Aurora Rabanal Yus</i>	95
3. El nacimiento de la Teoría de Máquinas y Betancourt. <i>Juan Ignacio Cuadrado Iglesias y Marco Ceccarelli</i>	131
4. Técnica, ciencia e industria en tiempo de revoluciones. La química y la mecánica en Barcelona en el cambio del siglo XVIII al XIX. <i>Antoni Roca Rosell</i>	183
5. Minería y metalurgia en España y la América hispana en tiempo de Ilustración: El siglo XVIII. <i>Julio Sánchez Gómez</i>	237
6. Los gremios. <i>Siro Villas Tinoco</i>	281
7. Las Reales Sociedades Económicas de Amigos del País: docencia, difusión e innovación técnica. <i>José Francisco Forniés Casals y Antonio Manuel Moral Roncal</i>	311
8. Publicaciones técnicas destinadas a colectivos profesionales. <i>Julio Sánchez Gómez</i>	357
9. La agronomía en la España del Setecientos. <i>Jordi Cartaña i Pinén</i>	409
10. Conocimiento científico, innovación técnica y fomento de los montes durante el siglo XVIII. <i>Vicente Casals Costa</i>	453
Apuntes biográficos	501