

MANUEL SILVA SUÁREZ, ed.

---

# EL OCHOCIENTOS

De las profundidades a las alturas

TÉCNICA E INGENIERÍA  
EN ESPAÑA



MANUEL SILVA SUÁREZ, ed.

**TÉCNICA E INGENIERÍA  
EN ESPAÑA**

**VII**

**EL OCHOCIENTOS**  
**De las profundidades a las alturas**

**Tomo I**

Inmaculada Aguilar Civera	Juan Pan-Montojo
Joan Carles Alayo Manubens	Ignacio Pérez-Soba Diez del Corral
Francesc X. Barca Salom	Antoni Roca Rosell
Josep M. Benaül Berenguer	Jesús Sánchez Miñana
Jordi Cartañá i Pinén	Agustín Sancho Sora
Emiliano Fernández de Pinedo	Leandro Sequeiros San Román
Luis Gil Sánchez	Manuel Silva Suárez
Inés González-Doncel	Julián Simón Calero
José María Iraizoz Fernández	Jaime Truyols Santonja
Luis Mansilla Plaza	Rafael Uriarte Ayo
Francisco Montes Tubío	

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



# Mineralogía, geología y paleontología

Jaime Truyols Santonja y Leandro Sequeiros San Román  
Comisión de Historia de la Geología de España

El siglo XIX fue un tiempo revuelto para el progreso, la innovación y la novedad científica en mineralogía, geología y paleontología en España. Muy ligados a los devaneos de la inestable Administración, los ingenieros y los geólogos realizaron un esfuerzo memorable por acercar a España a los avances que se realizaban fuera de las fronteras y especialmente en Gran Bretaña.

Pero ¿qué avances científicos y técnicos relativos a la mineralogía, la geología y la paleontología aparecen en España en el siglo XIX? ¿Qué impacto social tuvieron los trabajos de los ingenieros de minas y de los naturalistas? ¿Qué herencia científica hemos recibido en nuestra época? ¿Qué ecos internacionales tuvieron sus trabajos?

Tal vez son demasiadas preguntas para tan escaso espacio. En el siglo XIX España aparecía como una potencia minera sin explotar. Y los ingenieros de minas, como cuerpo de la Administración, parecían ser la palanca de cambio que España necesitaba. Mantenemos cuatro hipótesis que se irán contrastando a lo largo de este capítulo:

1. En el siglo XIX, aunque en España la Revolución Industrial llegó tarde y sin fuerzas, sí hubo un intento —sobre todo a partir de 1850— de situar la incipiente industria minera española un poco más cerca de Europa. Para ello fue necesario insistir en el conocimiento de los materiales geológicos y mineros de España y su explotación industrial.
2. Lo que en esa época se llamaba *mineralogía, geología y paleontología* suministraron sobre todo a los cuerpos de ingenieros la base teórica sobre la que construir el edificio de sus conocimientos aplicados.
3. La búsqueda y la explotación de los recursos mineros van, desde el comienzo, asociadas al aprovechamiento de los recursos naturales, muy poco conocidos en esa época.
4. Las condiciones políticas de España desde mediados del siglo XIX impulsaron de modo notable los estudios en recursos mineros, geológicos y paleontológicos, propiciando un gran desarrollo de la producción científica.

La moderna mineralogía, la geología y la paleontología forman parte de lo que hoy se denominan *ciencias de la Tierra*. Estos conceptos no significaban en el siglo XIX lo mismo que hoy. Entonces constituían cuerpos doctrinales muy relacionados con el uso de los recursos naturales (la explotación minera, la cartografía geológica, la datación de terrenos). En aquella época eran los ingenieros de minas y los cuerpos similares los que usaban sus conocimientos básicos para la búsqueda y el aprovechamiento de esos recursos.

Más tardíamente aparecerá la figura del *naturalista*, sobre todo a partir de las facultades de Ciencias y de la creación en 1871 de la Sociedad Española de Historia Natural<sup>1</sup>, que impulsan el conocimiento elemental de nuestro planeta e inician una investigación básica sobre rocas y seres vivos. En el volumen V de esta colección se ha tratado ya la ingeniería de minas y la enseñanza de las ciencias<sup>2</sup>, por lo que en el presente dedicamos nuestro esfuerzo al desarrollo posterior de las ciencias naturales, la producción de conocimientos y su aplicación tecnológica.

De un modo general, se puede decir que las ciencias de la Tierra son una gran sombrilla que ampara disciplinas muy diversas, desde la geofísica hasta las técnicas de ingeniería minera, pasando por lo que se suele denominar *geología*. En España, en los ambientes universitarios, la Geología suele incluir la Mineralogénesis y la Cristalografía, la Petrología y la Petrogénesis, la Tectónica y la Geomorfología, la Paleontología y la Paleobiología, la Estratigrafía y la Sedimentología, entre otras disciplinas.

Como escribe el profesor Juan Vernet<sup>3</sup>, «el siglo XIX verá la unificación de todos los conocimientos anteriores bajo el nombre de geología, palabra adoptada por De Saussure y que aparece en España a principios de siglo, puesto que ya en 1819 Yáñez y Girona (1789-1857) la emplea en el título de una de sus comunicaciones a la Real Academia de Ciencias de Barcelona: *Descripción orictognóstica y geológica de la montaña de Montjuich*». Por ello conviene precisar los conceptos.

En la relación de «fundadores» de las ciencias de la Tierra no figura, ciertamente, ningún nombre español. La escasa repercusión que en nuestro país tuvo inicialmente la Revolución Científica, que había supuesto la introducción del método experimental<sup>4</sup>, impidió el rápido desarrollo de las ciencias basadas en la observación y la experimentación, cuyos cimientos iban estableciéndose en Europa durante aquella época.

---

<sup>1</sup> E. AUSEJO: «La enseñanza de las ciencias exactas, físicas y naturales y la emergencia del científico», en M. SILVA SUÁREZ (ed.): *Técnica e ingeniería en España*, vol. V: *El Ochocientos: profesiones e instituciones civiles*, Zaragoza, Real Academia de Ingeniería / Institución «Fernando el Católico» / Prensas Universitarias de Zaragoza, 2007: 507-550.

<sup>2</sup> L. MANSILLA y R. SOMOZAS: «La ingeniería de minas: de Almadén a Madrid», en M. SILVA SUÁREZ (ed.): *Técnica e ingeniería en España*, vol. V: *El Ochocientos: profesiones e instituciones civiles*, Zaragoza, Real Academia de Ingeniería / Institución «Fernando el Católico» / Prensas Universitarias de Zaragoza, 2007: 81-125.

<sup>3</sup> J. VERNET: *Historia de la ciencia española*, Madrid, Instituto de España, 1975.

<sup>4</sup> J. TRUYOLS, 1995.

# Ingeniería minera: técnicas de laboreo y tratamiento mineralúrgico

Luis Mansilla Plaza y José María Iraizoz Fernández  
Universidad de Castilla-La Mancha

El siglo XIX constituye para la minería española el de mayor expansión y desarrollo tecnológico. Durante esta centuria se pasa de unas explotaciones sin apenas interés y anquilosadas, la mayoría de las cuales usaban técnicas anteriores al siglo XVI, a emplear los mayores avances en esta materia a nivel mundial. Sin lugar a dudas, en todo esto tuvo mucho que ver la puesta en marcha por parte de Fausto de Elhúyar de su *Memoria sobre el influjo de la minería en la agricultura, industria, población y civilización de la Nueva España* (1825), que sentaría las bases de la nueva legislación minera.

De una minería con producciones casi irrelevantes en las primeras décadas, salvo excepciones, como es el caso del mercurio, se pasó a estar a la cabeza de la producción mundial de plomo (1867), con más de 70.000 toneladas. Todo ello fue favorecido por el interés del Estado en promover el descubrimiento y la explotación de los yacimientos minerales como fuente de riqueza y de impuestos. La promulgación de la Ley de Bases de la Minería (1868) se considera el punto de partida del despegue minero de España, en circunstancias de una demanda progresiva de metales y combustibles. Se multiplica la actividad extractiva en todo el país en cuanto a minerales de plomo, cobre, mercurio, hierro, carbón, etcétera, lo que da lugar al renacimiento de nuevas zonas mineras con personalidad propia y modelos de desarrollo tecnológico.

En este capítulo se da un repaso a la situación de la tecnología minera durante la centuria y a su implantación en España, comenzando para ello con un análisis de cómo se realizaban los estudios, desde las técnicas más empíricas hasta el empleo de los sondeos de investigación minera, que evidenciaban la existencia del yacimiento mineral y la viabilidad de su explotación. La apertura de una mina, apoyada en los trabajos de investigación y los conocimientos geológicos de los que ya se disponía en el siglo XIX, se realizaba siguiendo una metodología clásica de minería de interior o a cielo abierto, sustentada en la experiencia del sector minero y en la buena formación de los ingenieros de minas, que serían una de las piezas clave del funcionamiento estratégico de la minería en este periodo.

Las nuevas técnicas de laboreo permitirían la profundización de los pozos y su desagüe gracias a las máquinas de bombeo apoyadas en el uso del vapor. Los castille-

tes mineros de mampostería o metálicos supondrían una mejora sustancial para los trabajos de extracción; el empleo de la perforación mecánica y los nuevos explosivos también significarían un aumento de la capacidad de arranque. El transporte de minerales y el uso de grúas excavadoras en la minería a cielo abierto hicieron que muchos yacimientos tuvieran posibilidades de ponerse en marcha y obtener grandes rendimientos. El tratamiento mineralúrgico desarrollado en el último tercio del siglo en la minería española hizo que esta fuera más competitiva gracias a los nuevos diseños de lavaderos de mineral y a la utilización de máquinas y equipos que facilitaban el trabajo con grandes ahorros de costes.

Todos estos cambios e innovaciones en las minas españolas, junto con la presencia de capitales extranjeros y la creación de grandes empresas mineras como la Sociedad Minera y Metalúrgica de Peñarroya y la Río Tinto Company Limited, hicieron que España se convirtiera en un gran laboratorio donde se ponía en práctica la última tecnología desarrollada en Europa, adaptada al subsuelo español. Esto permitiría alcanzar importantes producciones de metales, como ocurrió en el caso del plomo y el mercurio, que se elevarían a la primera posición mundial.

## I

### APUNTES SOBRE LA MINERÍA ESPAÑOLA A LO LARGO DEL SIGLO

Para algunos autores<sup>1</sup>, el siglo XIX constituye la época dorada de la minería española, debido fundamentalmente al amplio cambio social y económico que supuso para el país y al interés mostrado por un gran número de empresas nacionales y extranjeras por sus criaderos minerales. Este interés se deriva del desarrollo de la Revolución Industrial, que necesita gran cantidad de materias primas (plomo, hierro, cobre, cinc, mercurio, etcétera) para abastecer fundamentalmente la enorme demanda de estos productos en las nuevas economías europeas, haciendo que el sector minero llegue a suponer, en el cambio de siglo, la tercera parte de las exportaciones españolas<sup>2</sup>.

La puesta en marcha de la industria minera entrañó cambios profundos en su legislación, que tuvo su primer exponente en la Ley de 1825 y su espaldarazo definitivo en la de 1868. Este desarrollo se vio acompañado por la creación de una organización administrativa basada en tres pilares: 1) la Dirección General de Minas, 2) el Real Cuerpo Facultativo de Ingenieros de Minas y 3) la renovación de la Escuela de Ingenieros de Minas (1835)<sup>3</sup>; además, se ha de atribuir a los ingenieros de minas españoles una mención especial, tanto en la administración general del sector como en el

---

<sup>1</sup> M. Á. PÉREZ DE PERCEVAL y M. A. LÓPEZ MOREL, 2006.

<sup>2</sup> J. NADAL (dir.), 2003.

<sup>3</sup> L. MANSILLA y R. SUMOZAS, 2007.



## La siderurgia: cambio técnico y geografía industrial

Emiliano Fernández de Pinedo y Rafael Uriarte Ayo  
Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibersitatea

La siderurgia tradicional, por razones técnicas y de costes, tiende a ubicarse en aquellas zonas donde el medio natural garantiza una adecuada oferta de materias primas (carbón vegetal y minerales de alto contenido metálico) y recursos hidráulicos. De este modo, la producción primaria de hierro en la España del Antiguo Régimen se implantó preferentemente en las regiones de la cornisa cantábrica y en los Pirineos navarro y catalán, siendo en el País Vasco donde hubo una actividad más intensa y continuada, debido sobre todo a la riqueza de los yacimientos vizcaínos de Somorrostro. Las zonas del interior actuaban preferentemente como mercado para la producción de las ferrerías norteñas, aunque también desarrollaron una importante y poco conocida industria de transformación, más dispersa y técnicamente diversificada, vinculada a las necesidades de las economías campesinas y del mundo urbano.

Las innovaciones de la Revolución Industrial, principalmente la difusión de la máquina de vapor y el uso del carbón mineral como combustible, impusieron cambios decisivos tanto desde el punto de vista de la escala de producción como de los factores que condicionaban su emplazamiento. Al margen de otras circunstancias igualmente influyentes (capital, mercados, mano de obra, etcétera), desde el punto de vista tecnológico y de costes, la cercanía a los yacimientos carboníferos, junto con la disponibilidad de minerales adecuados, se convirtió en factor estratégico. Sin embargo, las innovaciones tecnológicas que tuvieron lugar a lo largo del siglo XIX, particularmente en la segunda mitad, introdujeron variaciones críticas en la estructura de costes, lo cual supuso cambios igualmente decisivos en los factores que contribuían a la creación de los distritos siderúrgicos. A diferencia de la geografía minera, que apenas conoció variaciones significativas, incluso en el largo plazo<sup>1</sup>, la cambiante geografía industrial que caracterizó a la siderurgia española decimonónica, con sucesivos desplazamientos desde el País Vasco a Andalucía, posteriormente a Asturias y nueva-

---

<sup>1</sup> G. CHASTAGNARET, 2006: 37.

mente al País Vasco<sup>2</sup>, estaría en gran medida asociada a la trayectoria tecnológica del sector, desde las primitivas ferrerías (primera hegemonía vasca) hasta el alto horno al carbón vegetal (hegemonía andaluza), el alto horno al carbón mineral (hegemonía asturiana) y, finalmente, el convertidor Bessemer (nueva hegemonía vasca)<sup>3</sup>.

## I

### EL DECLIVE DEL PROCEDIMIENTO DIRECTO Y LOS INICIOS DE LA MODERNIZACIÓN SIDERÚRGICA (1780-1830)

Al finalizar el siglo XVIII la siderurgia española seguía estando dominada por técnicas e instalaciones de carácter eminentemente tradicional. En el País Vasco, principal región siderúrgica de España<sup>4</sup>, el procedimiento directo (la ferrería) continuó siendo el sistema dominante —de hecho, exclusivo— hasta bien entrado el XIX. En otras zonas productoras, cuyo desarrollo en las décadas finales del XVIII se debió en parte a las dificultades de la siderurgia vasca, también dominaba la ferrería. La difusión del alto horno con anterioridad al siglo XIX fue muy limitada, y su actividad estuvo casi siempre vinculada a la demanda del Ejército (cañones y munición)<sup>5</sup>. Aunque, ciertamente, el método indirecto era una tecnología conocida y utilizada en distintos

---

<sup>2</sup> Debemos señalar, no obstante, que el País Vasco, salvo en momentos muy puntuales de las guerras carlistas, nunca llegó a perder la hegemonía en la producción de hierro dulce. Sobre los problemas que plantea el manejo de las *Estadísticas mineras y metalúrgicas de España* (en adelante, *EMME*), véase L. M.<sup>a</sup> BILBAO y E. FERNÁNDEZ DE PINEDO, 1988: 160-161.

<sup>3</sup> Como es sabido, el procedimiento directo (la ferrería) permitía obtener hierro dulce en un solo proceso, haciendo uso de minerales de alto contenido metálico y carbón vegetal, como agente térmico y reductor. El alto horno al carbón vegetal representó un notable incremento en la capacidad productiva unitaria y permitía utilizar minerales más refractarios y pobres. Sin embargo, al aumentar la temperatura del proceso, el hierro licúa e incorpora elevados porcentajes de carbono, obteniéndose hierro colado, útil para la moltería pero inadecuado para el forjado. Era necesario, por lo tanto, un segundo proceso de afinado para eliminar el carbono excedentario y obtener hierro dulce. Los altos hornos al carbón mineral, junto con los hornos de pudelado, también alimentados con combustible fósil, liberaron a la siderurgia de las limitaciones impuestas por un combustible cada vez más escaso y caro (el carbón vegetal) e hicieron posible su industrialización. La producción de acero, sin embargo, mantuvo su carácter artesanal hasta que el convertidor Bessemer modificó por completo el proceso, reduciendo costes y tiempos de producción, lo cual hizo posible que se extendiera su uso como material de construcción.

<sup>4</sup> J. ALCALÁ-ZAMORA (1974: 149) estima una producción en el País Vasco a finales del siglo XVIII superior al 50% del total nacional, incluyendo el hierro colado procedente de los altos hornos existentes en esas fechas.

<sup>5</sup> Excepción hecha de la fábrica de Ronda (1730), cuya producción tuvo predominantemente una vinculación con la demanda civil (véase J. ALCALÁ-ZAMORA, 1999: 239). Este mismo autor (*ibíd.*: 248) estima que con anterioridad a 1808 en España tan solo se llegaron a construir un total de 19 altos hornos, el primero de ellos (Liérganes, en la provincia de Santander) en 1628.

## La industria metalmecánica: aproximación a los motores hidráulicos

Manuel Silva Suárez y Agustín Sancho Sora  
Universidad de Zaragoza

A lo largo del Ochocientos el peso fiscal de las industrias del metal hispanas fue bastante modesto con relación al total de la fabricación industrial. En efecto, según Jordi NADAL (1987: 52-53), la contribución del metal al conjunto del sector industrial era solo del 8,11% en 1900, valor al que subió desde el 3,24% a mediados de la centuria (en 1856). En España, el predominio de esta rama industrial se producirá, fundamentalmente, tras la Guerra Civil, y se puede anotar un 25,51% en 1955, pocos años antes de que se promulgase el Plan Nacional de Estabilización Económica, que terminaba con la política autárquica (1959). Por otro lado, los datos fiscales sobre artesanos en España revelan el notable peso de los oficios tradicionales manuales en el metal a principios del siglo xx (Dirección General de Contribuciones, 1901). En realidad, durante la centuria la mayoría de las empresas del sector eran pequeños talleres artesanales de carácter más o menos familiar que auxiliaron a otras iniciativas productivas en necesidades técnicamente no demasiado complejas<sup>1</sup>.

Más allá de lo que representaba en términos fiscales, la importancia del sector metalmecánico reside en que, a pesar de su relativo «liliputismo», lo constituían *de facto* centros fundamentales en los procesos de adquisición y difusión de *saber hacer* técnico. Generadores de importante valor añadido, les correspondía ser catalizadores de la renovación de otros muchos sectores a los que proporcionaban un imprescindible soporte. Entre otras funciones, tenían la de proporcionar los esenciales servicios de mantenimiento y reparación de la maquinaria en general, sin olvidar la agroalimentaria y los aperos e ingenios para la labranza. En cierto sentido, en este capítulo se integran algunas reflexiones concernientes a la maquinaria para los sectores textil (caps. 5 del primer tomo y 2 del segundo), maquinaria agrícola (cap. 8 del primer tomo), máquinas e instalaciones para la industria agroalimentaria (cap. 9 del primer tomo) y material móvil para el transporte terrestre (cap. 14 del primer tomo).

---

<sup>1</sup>J. MARVÁ, 1917. En 1916 solo un 10% de los establecimientos de la industria metalmecánica en España tenían más de doscientos empleados.

Se puede afirmar que, «en primera instancia, la Revolución Industrial queda caracterizada por los progresos alcanzados para que los sistemas productivos o de transporte dispongan de abundante energía inanimada. Energética por excelencia, esta *revolución* tiene en la máquina de vapor su icono por antonomasia»<sup>2</sup>. Esta reflexión sobre los motores de combustión necesita de complementos en al menos dos direcciones: por un lado, el desarrollo de las máquinas de combustión interna, presentes en las dos últimas décadas de la centuria, y el de las turbinas de vapor, algo más tardías, cuando el siglo agoniza; por otro, en el ámbito más amplio de la motorización, se ha de anotar que el desarrollo de los transformadores de energía hidráulica evoluciona desde las pesadas ruedas de eje horizontal y los relativamente ineficientes rodezno hasta las turbinas hidráulicas, de apreciable rendimiento y potencia. Si de los motores alternativos de combustión externa (vapor y aire) e interna (gas y combustibles líquidos) nos hemos ocupado en el volumen previo<sup>3</sup>, procede que aquí se le dedique atención a los hidráulicos, que por su naturaleza condicionaban la presencia de las instalaciones productivas a las orillas de cursos fluviales, de donde la bella y evocadora denominación de *fábricas de río*.

En cierto sentido, este capítulo se puede ver estructurado en dos grandes partes, la primera relativa a condicionantes y evolución del sector metalmeccánico. Para ello se empieza describiendo (sección I) la situación de partida y las barreras de entrada. Entre otros aspectos, se apunta la dependencia de las importaciones extranjeras, los altos costes de la energía y de las materias primas, y los efectos que tuvieron las políticas institucionales, fundamentalmente en materia arancelaria. A continuación (sección II) se aborda la evolución por la cual talleres de reparaciones, a veces inicialmente dependientes de firmas extranjeras, dieron el paso hacia la construcción de máquinas. En los comienzos de este proceso de asimilación tecnológica fue fundamental el papel de técnicos extranjeros (británicos y franceses, en particular). La segunda parte del capítulo, tras evidenciar el interés de la energía hidráulica (sección III), se dedica a los motores hidráulicos, especialmente ruedas y turbinas. De importante difusión en España, se trata de un subsector en el que la producción nacional no fue desdeñable. La proximidad y la adaptación a desideratas especiales de los clientes, junto con diversos perfeccionamientos y ciertas innovaciones, permitieron competir con las firmas extranjeras a algunos constructores hispanos. De un modo muy sintético se consideran tipos de equipos y mejoras técnicas desde una perspectiva dual, contemplando brevemente tanto el punto de vista textual (el saber literariamente codificado) como el productivo (el hacer), sin olvidar los privilegios y las patentes.

Como sinóptico apunte valga decir que, en el complejo juego de intereses entre productores y consumidores a diferentes niveles, el débil sector metalmeccánico fue duramente lastrado desde la Administración en los marcos arancelarios durante gran

---

<sup>2</sup> M. SILVA, 2011: 543.

<sup>3</sup> M. SILVA, 2011: cap. 9 del volumen VI de esta colección.

# La industria textil: mecanización, transferencia de tecnología y organización productiva\*

Josep M. Benaül Berenguer  
Universitat de Barcelona

Las industrias textiles estuvieron en la vanguardia del proceso de la Revolución Industrial, y la algodónera, la más importante de ellas, ha recibido merecidamente, junto a la siderurgia, el calificativo de *líder* de este gran cambio histórico. Ello justifica sobradamente el estudio del desarrollo tecnológico de los sectores productivos dedicados a manufacturar distintas fibras vegetales y animales.

España perteneció al grupo de los *second comers* en la industrialización textil europea. Por tanto, compartió con ellos la necesidad de adoptar una tecnología inventada o desarrollada en el país líder, Gran Bretaña. Estos países europeos, que contaban con una base manufacturera preindustrial, ya habían conocido procesos previos de transferencia de tecnología. Sin embargo, el tránsito a la nueva producción mecanizada comportó un cambio de escala y de intensidad en la dependencia de las fuentes exteriores de tecnología, localizadas inicialmente en el *first comer*. El éxito de la absorción de la tecnología de productos textiles se plasmó en la sustitución de importaciones; en cambio, en lo referente a los procesos mecánicos y químicos para manufacturar hilos y tejidos, la dependencia española del exterior se prolongó durante todo el siglo XIX.

Un esquema secuencial del proceso de transferencia tecnológica, realizado desde una perspectiva comparada y centrado en la industria algodónera, es el que sigue. La pauta continental comenzó muy marcada por la coincidencia temporal del despegue industrial británico y del ciclo revolucionario y bélico europeo entre la Bastilla (1789) y Waterloo (1815), lo que planteó obvias dificultades a los flujos de tecnología. En España, tras la expulsión de las tropas napoleónicas habría que añadir los impactos de tres procesos interrelacionados: la emancipación de las colonias americanas, la quiebra de la Hacienda y un cuarto de siglo de inestabilidad política. A una fase de difusión relativamente rápida de las innovaciones entre 1770 y 1807 le siguió otra de estancamiento y retroceso relativo que se prolongó hasta 1840. Una tercera etapa, entre 1840

---

\* Véase también el capítulo 2 del segundo tomo (en CD) de este mismo volumen, Josep M. BENAUL BERENGUER: «Sobre la mecanización en la industria textil: un estudio adicional».

y 1860, fue de rauda e intensa adopción de la tecnología más avanzada y de recuperación de posiciones<sup>1</sup>. Tras el período de *hambre de algodón* de 1861-1865 (guerra de Secesión en los Estados Unidos), el proceso continuó a buen ritmo, pero las transferencias más decisivas se produjeron principalmente a partir de 1880. Aunque el nivel de investigación todavía no nos permite ser concluyentes, no parece fuera de lugar considerar que durante esta última etapa el problema principal fue el menor rendimiento obtenido de la maquinaria —es decir, el sistema de organización productiva—, y no el atraso de esta. Ello no obsta para que la menor eficiencia organizativa acabase redundando también en posteriores desfases tecnológicos de las industrias textiles españolas, como el observado desde comienzos del siglo xx<sup>2</sup>.

En este capítulo hemos preferido, por razones de espacio, centrar el análisis en las dos mayores industrias textiles, la algodónera y la lanera. En la primera nos limitaremos a la industria catalana. La participación de Cataluña fue abrumadora, ya que transformó el 93% del algodón importado en España entre 1861 y 1913. Además de su magnitud, el distrito industrial algodónero catalán, con su compleja articulación de mercados de factores y productos y sus interrelaciones con el exterior, no tuvo parangón en otras regiones. Esta preeminencia, derivada de las ventajas del iniciador, ya que Cataluña protagonizó el desarrollo de dicha manufactura en el Setecientos, solamente dejó espacio para un número muy reducido de enclaves algodóneros en otros lugares de España, limitados a contadas fábricas (véase la ilustr. 5.1)<sup>3</sup>. En cambio, la industria lanera tuvo un carácter más multipolar, con diversos distritos manufactureros, aunque esto tampoco evitó su progresiva catalanización<sup>4</sup>.

La estructura del texto responde a estas consideraciones y también al estado de la investigación, con notorios desequilibrios cronológicos y temáticos que se nos han hecho más patentes en el presente trabajo. Para la industria lanera disponemos —con alguna excepción significativa, como Béjar— de estudios que cubren todo el Ocho-cientos. En la industria algodónera, en cambio, es evidente que conocemos mucho mejor las seis primeras décadas del siglo que las cuatro últimas, tanto desde la perspectiva de la historia de la economía como desde el punto de vista de la tecnología.

Atendido todo ello, el texto se estructura en cuatro partes. En las dos primeras se expone por separado el cambio tecnológico en las industrias algodónera y lanera, siguiendo el orden del proceso manufacturero. En tercer lugar, la transferencia de la tecnología de procesos se aborda desde la perspectiva conjunta de ambas industrias, dejando de lado la tecnología de productos, ampliamente recogida en los diversos

---

<sup>1</sup> Basado en J. K. J. THOMSON, 2004: 278-282.

<sup>2</sup> La excepción fue la industria del género de punto, donde hubo una notable absorción de la innovación tecnológica en las primeras décadas del Novecientos (M. LONCH, 2007).

<sup>3</sup> Sobre la industria algodónera fuera de Cataluña, I. CARRIÓN ARREGUI, 2010; C. MANERA y M. Á. CASAS-NOVAS, 1998; J. MORENO LÁZARO, 2003; A. PAREJO, 1990 y 1999; F. RUIZ GÓMEZ, 1998.

<sup>4</sup> J. M. BENAUL y E. DEU, 2004.

## 6

# La introducción del gas para el alumbrado

Francesc X. Barca Salom y Joan Carles Alayo Manubens  
Universitat Politècnica de Catalunya

### I

#### PRIMEROS PASOS DE LA INDUSTRIA DEL GAS EN EUROPA

En el siglo XIX las tecnologías del agua encontraron un aliado fundamental en el gas, que, usado como combustible para el alumbrado, cambió de manera radical las vidas de las personas tanto en el terreno laboral como en el personal.

Desde antiguo se tenía constancia de que en determinados lugares aparecían por las grietas de la tierra unos aires que se inflamaban. *Aires inflamables*, *espíritus del carbón* y *espíritus silvestres* fueron nombres que recibieron antes de que el médico holandés Jan Baptiste van Helmont los llamase *gas*, palabra que recordaba tanto el término griego *caos* como el alemán *Geist* ('espíritu').

El francés Philippe Lebon (1767-1804) y el escocés William Murdoch (1754-1839) produjeron gas por destilación de la leña, el primero, y del carbón, el segundo. Lebon empezó sus experimentos en su pueblo natal de Brachay, según unos en 1788 y según otros en 1798. En un caso el descubrimiento habría sido accidental, al poner Lebon unas virutas de madera en un matraz y depositar este sobre las brasas de la chimenea durante una enfermedad de su padre. El resultado fue un humo negro al principio que se fue tornando blanco al envolver el matraz con un trapo húmedo para retirarlo del fuego. Lebon descubrió entonces que este humo era inflamable y que daba una llama viva (A. FAYOL, 1943: 40). Para otros, el descubrimiento habría sucedido unos años más tarde en su laboratorio, donde habría construido un aparato de ladrillos que habría llenado de leña y mediante calor habría generado el gas. Después Lebon habría depurado este gas mediante un recipiente lleno de agua (J. GAUDRY, 1856: 7).

Philippe Lebon se graduó en la École Nationale des Ponts et Chaussées de París con el número uno de su promoción y en 1797 consiguió la concesión de una porción de bosque en Rouvray (El Havre), donde levantó una fábrica para producir alquitrán (C. VINCENT, 1873: 145-151). En 1799 obtuvo la patente de invención de una termolámpara: «un appareil qui éclaire avec économie, et offre avec divers produits précieux une force motrice applicable à toute espèce de machines». En esta patente

Lebon describía su planta de fabricación de gas, y para darla a conocer organizó unas exhibiciones públicas en el hotel Seignelay de París. Allí instaló dos termolámparas para alumbrar, respectivamente, la casa y el jardín, las cuales funcionaron durante varios meses de 1801.

La producción de gas a partir de la madera se vio frenada por la muerte súbita de Lebon en París la víspera de la coronación de Napoleón. Unos años más tarde su sobrino Joseph Gaudry narraría la defunción de Lebon lanzando esta insinuación: «si toutefois le crime ne fut pas étranger à cette catastrophe» (J. GAUDRY: 1856: 4). Gaudry, al parecer, recogía los rumores que se habían generado sobre la posibilidad de que Lebon hubiese sido asesinado. Esta discreta insinuación fue magnificada por Louis Figuier en *Les merveilles de la science* al inventarse todos los detalles de la muerte. Lebon habría viajado a París para asistir a la coronación de Napoleón el 2 de diciembre de 1804, y a la salida del acto, al cruzar los Campos Elíseos, que entonces eran una cloaca, según Figuier, habría sido asesinado con trece puñaladas (L. FIGUIER, [1867-1870]: 105). Otros biógrafos posteriores completaron la historia, como Amédée Fayol, que en 1943, al comprobar la semejanza entre el retrato de Lebon y el del emperador, sugirió la confusión del asesino como la causa de la muerte. Tampoco se descartó que hubiera habido un duelo, o que los ingleses, eternos rivales de los franceses, hubiesen intervenido en el suceso (A. FAYOL, 1943: 64). En 1954 el historiador Guy Beaujouan localizaba el acta de defunción de Lebon, en la que se indica que murió el día anterior a la coronación de Napoleón de una enfermedad que arrastraba desde hacía cinco semanas, y daba la razón a algunos contemporáneos, como Camille Vincent o Henri Maréchal, que afirmaban que la causa de la muerte había sido natural (C. VINCENT: 1873: 12; H. MARÉCHAL: 1894: 6).

La termolámpara diseñada por Lebon, según un dibujo de su puño y letra, estaba compuesta por una *vasija* (retorta), un horno, una chimenea, un diafragma y una apertura. A medida que describía estos elementos iba explicando su funcionamiento. Denominaba *finales de tubo* a las cabezas de retorta por las que se podía extraer el gas. Según Gaudry, quedaba claro que el aparato de Lebon era un horno de dos retortas metálicas con una envolvente formada por un macizo espeso de materiales refractarios que servían para concentrar el calor. Se adelantó a su tiempo inventando mecanismos que serían utilizados más tarde, como la conducción en zigzag, que permitía aprovechar mejor el calor. En consecuencia, la genialidad de Lebon no estuvo solamente en estos inventos, sino también en que fue precursor de otros posteriores (F. VEILLERETTE, 1987: 163).

Entre los visitantes de la exhibición realizada por Lebon en el hotel Seignelay estaba el segundo hijo de James Watt, Gregory Watt, el cual redactó un informe de lo que había visto en París para la compañía Boulton & Watt, situada en Cornualles. Allí trabajaba un ingeniero práctico llamado William Murdoch, que al parecer ya había hecho algunos experimentos similares para obtener gas destilando hulla. El informe contribuyó a animar a Murdoch a aplicar su descubrimiento para iluminar la fábrica



# Las transformaciones tecnológicas de la agricultura, 1814-1914: una visión de conjunto

Juan Pan-Montojo  
Universidad Autónoma de Madrid

En este capítulo vamos a presentar una panorámica global del cambio tecnológico en la agricultura española del siglo XIX para explicar, en segundo lugar, el papel desempeñado en este ámbito por las instituciones agronómicas creadas por el Estado desde la década de 1870 en adelante. El eje central se sitúa, por tanto, en el análisis de los sujetos del cambio técnico, con especial énfasis en la labor de las instituciones públicas. Ese sesgo no supone que defendamos la tesis de que las transformaciones productivas de la agricultura española en el período considerado fueran lideradas por los técnicos estatales y, en particular, por los ingenieros agrónomos, cuyo cuerpo funcional fue instituido en 1879. Únicamente a partir de 1900 se produjo la consolidación de una red de establecimientos agronómicos capaces de tener alguna incidencia real en la agricultura y en la agroindustria españolas, y hasta varias décadas más tarde estos centros no estuvieron en condiciones de marcar las grandes tendencias de cambio sectoriales. Nuestro enfoque de la cuestión tampoco supone que aceptemos la visión difundida entre las elites del país durante todo el siglo XIX de una población rural presa de la rutina y opuesta a las innovaciones, ni la imagen de una agricultura atrasada por culpa de labriegos, propietarios absentistas y jornaleros, que difundió el discurso noventayochista: ni los cultivadores ni los grandes propietarios ni los técnicos españoles del XIX rechazaron la innovación en este campo. En el caso de los científicos e ingenieros ocurrió más bien al contrario: para estos reducidos círculos, la agricultura constituyó a lo largo de todo el siglo un tema central de reflexión, entre otras razones porque era la actividad económica de más peso y, por tanto, multiplicar y abaratar su capacidad productiva parecía la salida natural, y en principio más rentable, de las investigaciones de químicos, farmacéuticos o ingenieros industriales. Las elites propietarias mostraron también en sus foros una constante preocupación por el progreso del cultivo, probablemente mucho mayor que su capacidad real para encontrar usos social y económicamente viables a la oferta de maquinaria, aperos, fertilizantes y nuevas plantas que cabe encontrar en las páginas de la prensa especializada, en las exposiciones provinciales celebradas en las capitales de provincia y en

la creciente lista de libros sobre agricultura que salieron de las imprentas españolas según avanzó la centuria. Por su parte, los cultivadores mostraron, en la práctica, y bajo la presión de los grandes cambios socioeconómicos de la centuria, su capacidad de adaptación y de innovación.

Hablar de los ingenieros agrónomos y de los servicios públicos se impone, sin embargo, porque el ascenso de unos y la construcción de los otros coincidieron con un período clave, la Gran Depresión y su salida, en el que las agriculturas occidentales transitaron desde los procesos de innovación fundados en buena medida en los recursos locales a los procesos de innovación articulados por la ciencia, tránsito que viene a ser el hilo conductor de lo que algunos autores denominan *segunda revolución agrícola*. Con ella, por una parte, se dejó atrás una larga etapa en la que la inmensa mayoría de las innovaciones eran incrementales, empíricas y graduales, y, por otra parte, el centro del proceso de cambio tecnológico se trasladó a la agroindustria y a los centros públicos de investigación y difusión agronómica. Como uno de los padres de los abonos químicos, Liebig, había reiterado en los años cuarenta del siglo XIX, en una actividad como la agraria cualquier innovación fundada en la ciencia, en principios generales, precisaba ser experimentada y adaptada localmente. La adaptación medioambiental, según se fue descubriendo en las décadas finales del siglo XIX, no era la única: resultaba indispensable asimismo una adaptación a las circunstancias sociales de cada espacio rural. Por ello la aplicación de la agronomía científica a la agricultura exigía una mediación institucional especial, que difícilmente podía desarrollarse sin el concurso del Estado. El descubrimiento de las exigencias de un nuevo modelo agrocientífico, que a pesar de serlo no podía prescindir de los saberes locales (como se trataría de hacer tras la revolución verde), no fue inmediato ni lineal. En las páginas que siguen se tratará de estudiar este tránsito, tras efectuar una evaluación global del cambio técnico a lo largo de todo el siglo.

## I

### LA INNOVACIÓN TÉCNICA EN LA AGRICULTURA DECIMONÓNICA: UNA CARACTERIZACIÓN GENERAL

En la España del primer siglo XIX, la agricultura experimentó amplios cambios derivados de una transformación revolucionaria de las condiciones institucionales. La derrota de lo que Llopis llama el *frente antirroturador*, el conjunto de intereses que se oponían a la ampliación del espacio cultivado a costa del monte, dio sus primeros pasos durante el siglo XVIII, pero se aceleró entre 1808, con el inicio de una larga oleada de roturaciones arbitrarias, y la aplicación de la desamortización general de Madoz, a partir de 1855<sup>1</sup>. Todos estos cambios estuvieron acompañados de una rede-

---

<sup>1</sup> Sobre el frente antirroturador (integrado por una amplia gama de grupos e instituciones que se beneficiaban bajo el Antiguo Régimen de la escasez de tierras cultivables o de las normas que favo-

## Entre la tradición y la modernidad: el largo camino hacia la mecanización del campo

Jordi Cartaña i Pinén  
Universidad de Barcelona

Existe una imagen colectiva errónea que vincula directamente el proceso de mecanización agrícola con la presencia de trilladoras accionadas a vapor por una locomóvil. La idea surge debido a la novedad y la espectacularidad de estas máquinas, de cuya llegada a España se informó exhaustivamente en los periódicos del país, no exentos de un lenguaje grandilocuente imbuido por el espíritu romántico de la época.

Llegados a Son Rapinya, nos sorprendió ver desde lejos una multitud de personas que esparcidas alrededor de una era contemplaban admiradas y estupefactas la rapidez y perfección de la última operación de cultivo, término de los afanes del agricultor. De en medio de la muchedumbre asomaba una chimenea metálica delgada que despedía a borbotones un humo negro y denso que dilatándose se esparcía en la atmósfera hasta perderse en el espacio infinito. ¡Bendita la ciencia que tales prodigios obra!<sup>1</sup>

No obstante, el verdadero proceso de mecanización del agro español estuvo protagonizado, principalmente, por otras máquinas que muchas veces son relegadas a un segundo plano por los historiadores agrarios. Los aumentos de productividad de la agricultura española fueron posibles durante el Ochocientos, entre otros factores, gracias a la renovación del utillaje agrícola. El arado tradicional de madera fue sustituido por el de hierro. Se introdujeron las aventadoras, los quebrantadores de grano y las máquinas para preparar el alimento del ganado, como los cortapajas, los lavarraíces y los cortarraíces. También las segadoras, aunque se implantaron en menor número, tuvieron cierta importancia en algunas regiones españolas. Para facilitar el riego se usaron norias, mientras que las prensas y otros artilugios específicos destacaron en algunas industrias agrícolas más especializadas, como la vinicultura y la oleicultura.

La labor de esta investigación es sumamente compleja, ya que, como señala José Ignacio Martínez<sup>2</sup>, las fuentes conservadas en los archivos españoles son «pobres y

---

<sup>1</sup> P. ESTELRICH, 1876: 231-233.

<sup>2</sup> J. I. MARTÍNEZ RUIZ, 1995: 43.

dispersas». No fue hasta 1932 cuando se llevó a cabo la primera estadística oficial sobre el número y el tipo de instrumentos y máquinas agrícolas modernos. Este desconocimiento de la realidad del agro español ya existía en el mismo siglo XIX, como indica el *Semanario Industrial* en 1841 al hablar de la ignorancia ante la presencia de arados de vertedera en las regiones de Levante:

En esta España, ¿quién sabe bien lo que pasa? Donde menos se piensa suele tropezarse con un hombre ilustrado, modesto y curioso que se sostiene a la altura de la época, y que en su retiro hace ensayos y practica operaciones ventajosas, generalmente ignoradas, y de sus vecinos desatendidas<sup>3</sup>.

Otra gran dificultad ha sido conocer con exactitud la procedencia de estas máquinas. En todos los manuales agrícolas consultados de la segunda mitad del siglo, especialmente en los libros de texto usados en la enseñanza secundaria y superior de la agricultura, se publicitan exclusivamente marcas y modelos extranjeros, obviando casi en su totalidad las máquinas fabricadas y diseñadas en España. Finalmente, en otros textos consultados se evidencia, como veremos a lo largo del capítulo, que las fundiciones españolas copiaban estos modelos haciendo alguna pequeña modificación que permitía adaptar la máquina a nuestro territorio.

Así pues, conocer el grado de mecanización del campo español en sus diferentes etapas y en los diversos territorios durante el Ochocientos es un estudio aún por realizar. Este capítulo solo pretende ser una primera aproximación a la introducción de algunas máquinas y a las aportaciones españolas, especialmente las vinculadas a la preparación del suelo, como los arados, y las relacionadas con la recolección, como las segadoras y las trilladoras, que ayudaron al desarrollo agrícola español durante el siglo XIX.

## I

### ARADOS Y SEMBRADORAS

Durante la primera mitad del siglo XIX los círculos agronómicos mantuvieron la tónica empezada a finales de la Ilustración<sup>4</sup>. Los agrónomos y hacendados no solo seguían pendientes de las innovaciones de los países del entorno, sino que adquirían nuevos modelos que ensayaban y modificaban para una mejor adecuación a la agricultura española.

No obstante, la extensa gama de máquinas necesarias para cada tipo de trabajo agrícola así como para algunos cultivos específicos hacía inviable su compra para los agricultores pequeños y medianos. Esto dificultó la mecanización generalizada del campo, que no se produciría hasta los inicios del siglo XX con la aparición de las cooperativas agrarias, que favorecieron su adquisición y su uso colectivo.

---

<sup>3</sup> «Del arado», 1841: 150.

<sup>4</sup> Para la mecanización del campo en el siglo XVIII, véase J. CARTAÑA, 2005b.

## Agroindustria de la tríada mediterránea: apuntes sobre su renovación técnica

Manuel Silva Suárez  
Universidad de Zaragoza

Francisco Montes Tubío  
Universidad de Córdoba

En términos globales, a comienzos del Ochocientos el sector agroalimentario español arrastra un importante atraso técnico. Insuficiente nivel cultural y carencia de financiación en gran porcentaje de pequeños y medianos cosecheros, que elaboran productos derivados como aceites o vinos, configuran en gran parte una economía de subsistencia poco proclive a la innovación. En el otro extremo socioeconómico se encuentran la nobleza y la Iglesia, poseedoras de monopolios, la primera mayoritariamente rentista y absentista. No obstante, a lo largo del siglo comienza a gestarse la industria agroalimentaria moderna, en cierta medida dedicada a la exportación, basada en nuevas técnicas, que emplea nuevos procesos, maquinaria innovadora y nuevos sistemas de gestión. Esto es algo que, excepcionalmente y con claras raíces «ilustradas», se visualiza al inicio de la centuria con las grandes bodegas de Jerez o Málaga, por ejemplo. Indicadores de la transformación durante el Ochocientos son, por ejemplo, el declive de los molinos harineros de maquila (de sangre, hidráulicos o de viento) y la progresiva implantación de modernas harineras, auténticas fábricas que no solo emplean nuevos procedimientos, maquinaria de molienda y motorización, sino también nuevos sistemas integrales de producción. Según la Estadística de la Contribución Industrial, en 1856 el 55,78% de la *industria* española concernía a la alimentación, valor absoluto que evoluciona al alza, pero que, debido a la expansión del textil, la minería o la siderurgia y metal-mecánica, en 1900 cae al 40,33%<sup>1</sup>.

Al margen de los relativamente complejos equipamientos específicos hacia los que a veces se evoluciona en los muy diversos subsectores, en la motorización cabe señalar que las ruedas y los rodetes hidráulicos de madera son progresivamente sustituidos por rodetes de hierro y, sobre todo, por turbinas hidráulicas, también por máquinas de vapor; por otro lado, en la última década comienza la imparable utilización de motores eléctricos. Desde esta perspectiva, como en otros sectores (el textil, por ejemplo), vapor y electricidad reducen las restricciones para ubicar *adecua-*

---

<sup>1</sup>J. NADAL, 1987: 52-53. Por la singularidad de su régimen fiscal, las llamadas «provincias exentas», País Vasco y Navarra, no figuran en los estadillos de la Contribución Industrial.

*damente* las grandes almazaras, o las harineras, por ejemplo, que dejan de estar mayoritariamente supeditadas a los cursos fluviales vivos (las denominadas *fábricas de río*)<sup>2</sup>.

Entre las diversas fuerzas que impulsan la transformación del sector se encuentran las exigencias del consumo alimentario de la sociedad del nuevo régimen. Tanto los mercados de exportación como la nueva burguesía hispana (especialmente en las grandes ciudades) solicitan productos de calidad, homogéneos y estables (dentro de márgenes apropiados)<sup>3</sup>. En este sentido, no se debe olvidar un hecho diferencial con respecto a sectores industriales tales como la minería, la siderurgia o el textil: la dimensión biológica, es decir, la *vida subyacente* a muchos productos, que necesitará del desarrollo de técnicas para superar los problemas que se plantean (filtrados, limpias, cernidos, sulfuraciones, control de temperaturas, pasteurizados, etcétera). Sin lugar a dudas, la industrialización se facilita en los subsectores en los que las restricciones de tipo biológico son menores; por ejemplo, en el aceite más que en el vino, aunque en la resultante global influyen muchas otras variables, la comercialización en particular.

Son muy diversos los factores adicionales que contribuyen a explicar y contextualizar la evolución de la técnica y la industria agroalimentaria en la España del XIX: entre otros, la desaparición de monopolios nobiliarios y eclesiásticos, las políticas arancelarias, la mejora de las comunicaciones por ferrocarril y carretera, la utilización de nuevas fuentes de energía y la creación de instituciones oficiales de apoyo al sector<sup>4</sup>. Incompletos reflejos del nuevo *paisaje* son, por ejemplo, la producción bibliográfica (aunque no siempre tan abundante como habría sido de desear y predominantemente de *propaganda*, es decir, de divulgación), los privilegios y las patentes registrados, y la proliferación de constructores de equipamientos. Aunque al terminar el siglo haya que mencionar dependencias foráneas diversas, la tecnificación del sector en su conjunto es una contribución sustantiva a la consolidación de empresas hispanas del ámbito metal-mecánico; también este será uno de los sectores más relevantes donde la química se introducirá para *iluminar* o potenciar procesos beneficiosos pero complejos, antes dejados en gran parte al azar o en marcos poco productivos. Se

---

<sup>2</sup> Sobre las turbinas hidráulicas véase el capítulo 4 de este mismo tomo; las máquinas de combustión —externa o interna— se consideran en el capítulo 12 del volumen VI de esta colección (2011: 543-620).

<sup>3</sup> Esto hará que se introduzcan procesos de clasificación en las producciones, tanto en los aceites como en los vinos o las harinas, si nos limitamos a la tríada mediterránea.

<sup>4</sup> Por ejemplo, el Instituto Agrícola Catalán de San Isidro (Barcelona, 1851), donde el ingeniero industrial Luis Justo y Villanueva creó el «laboratorio de análisis químico —considerado como la primera Estación Agronómica Experimental de España— y una cátedra de Química agrícola», la Escuela Central de Agricultura (inicialmente en Aranjuez, 1855) o, tras la Restauración, en 1876, las granjas experimentales y las estaciones agronómicas, orientadas a la docencia, la investigación y difusión de las disciplinas agronómicas (véase, por ejemplo, J. CARTAÑA, 2007, y el cap. 7 de este tomo).

## Dasonomía y práctica forestal

Inés González-Doncel y Luis Gil  
 Universidad Politécnica de Madrid

La ciencia de montes surgió «entre los despojos de la devastación» (L. OLAZÁBAL, 1860). La frase no se gestó en España, pero bien podría haberlo hecho, pues a principios del XIX nuestro país no era una excepción en el deforestado continente, con el agravante de tener «la distribución forestal más imperfecta de Europa» (*Informe*, 1855).

El nacimiento y el desarrollo de la ciencia forestal en España han sido estudiados por E. BAUER (1980), V. CASALS (1988, 1996 y 2006) y J. GÓMEZ MENDOZA (1992), entre otros. Sus obras aportan una exhaustiva información sobre la creación de la Escuela y el Cuerpo de Ingenieros de Montes, el proceso desamortizador o las obras de los ingenieros más ilustres; sin embargo, estos autores a veces no inciden en la orientación técnica y económica que guio la actividad de los forestales decimonónicos.

Otra línea de pensamiento —hoy dominante entre los historiadores agrarios y ambientales (citas en J. L. DELGADO, 2009)— sacraliza el aprovechamiento comunal y desfigura la actuación de los primeros forestales. Donde había empeño por preservar el arbolado perciben interés en patrimonializar la producción de los montes públicos, en *maderizarlos* o *enresinarlos*, por una supuesta «afición a los pinos»<sup>1</sup>, lo que da lugar a numerosos tópicos sobre el origen, los objetivos y los métodos de la ciencia forestal<sup>2</sup> en España.

---

<sup>1</sup> Esta opinión se ampara en la escuela fitosociológica iniciada por Salvador Rivas-Martínez en su *Estudio de la vegetación y flora de las sierras de Guadarrama y Gredos* (Madrid, 1964). Más tarde negó de forma general el carácter espontáneo de los pinos en España y criticó su empleo en las repoblaciones realizadas en la etapa del general Franco (S. RIVAS-MARTÍNEZ, 1987). En ningún momento se manejaron las superficies de pinares de la *Clasificación* de 1859: 1.905.428 hectáreas propiedad de los pueblos y 265.692 hectáreas del Estado.

<sup>2</sup> La voz *forestal* aparece por primera vez en el *Reglamento orgánico para la Escuela Especial de Ingenieros de Montes*, y A. PASCUAL (1868) explica que la derivó del alemán *Forst* para aplicarla a un monte plantado, defendido y vedado, a un monte con dueño. En Alemania esta raíz iniciaba los términos correspondientes a *dasonomía* (*Forstwissenschaft, Forstwesen*), *selvicultura* (*Forstproduktenzucht*), *guardería* (*Forstschutz*) y *dasocracia* (*Forsteinrichtung*), voces que adoptaría Pascual para intitular la ciencia de montes y sus divisiones.

## I

## ANTECEDENTES

Desde tiempos remotos la agricultura se fue apropiando de las selvas más fértiles y relegando el bosque a los terrenos *empinados* y montuosos, de los que acabaría adoptando su nombre ya en la Alta Edad Media (A. PASCUAL, 1855). Más tarde, la Mesta, durante más de cinco siglos, y la Marina, en menos de uno, fueron los principales responsables de arrinconarlos en las zonas menos accesibles o pobladas del país. Los motivos fueron explicados en el *Reglamento orgánico para el buen gobierno y aprovechamiento de los Bosques Reales* de 1847: «el monte se consideró como un almacén constantemente abierto a la especulación y a la industria» (L. GIL e I. GONZÁLEZ-DONCEL, 2009). Vicente CASALS (2005b) destaca la ineficacia de las Ordenanzas de 1748 y la deplorable situación de los montes a finales del siglo XVIII; el elevado incremento de los precios de los productos forestales, en particular de la madera y la leña, eran la mejor evidencia de ello.

Esta situación propició que se encargara una nueva ordenanza de montes a las sociedades patrióticas del Reino, a las que se pidió detalle de «los cultivos más convenientes para cada especie de árbol silvestre en los diversos climas de la península y los mejores métodos para la siembra de bellota o piñón así como para la plantación, poda, limpia, esquilmo y corte».

Se tiene constancia de las respuestas de las sociedades de Sevilla y Valencia. El padre Manuel Gil firmaba en 1794 el informe de la primera, y Joaquín de la Croix, junto con otros socios, el de la segunda (V. FERRER, 1997). Ambos documentos reiteraban el lastimoso estado del arbolado, la necesidad de preservarlo de la acción del ganado, la ineficacia de la severidad de las leyes y la falta de conocimientos de los responsables de montes. Sus denuncias y propuestas no tuvieron efecto, pues la Real Ordenanza para el Gobierno de los Montes y Arbolados de la Jurisdicción de Marina, aprobada en 1803, apenas reflejó el espíritu de dichos informes. Poco importaría, ya que en 1805 fue suspendida y volvieron a estar vigentes las impopulares Ordenanzas de 1748.

No era fácil encontrar el remedio, un modelo que pusiera «orden» en los aprovechamientos forestales. Tampoco lo consiguieron las nuevas Ordenanzas de 1833, encargadas por Fernando VII poco antes de su muerte. El texto —remedo del Código Forestal francés de 1827— se debe a González Arnao (R. GIBERT, 1970), jurisconsulto, economista, literato, traductor de Humboldt y vocal y secretario del Consejo de Estado durante el Gobierno de José Bonaparte (J. GONZÁLEZ CABO-RELUZ, 1845). Para Agustín PASCUAL (1852: 31), crítico con los «detalles reglamentarios de la escuela francesa y firme partidario del pensamiento alemán sobre la organización científica, en la que se concilie la libertad de pensamiento con la mutua comprobación», estas Ordenanzas fueron un impedimento para el avance de la ciencia. Lucas OLAZÁBAL (1857) arremetería contra texto y autor, de quien dijo: «no sabe lo que la vida perpetua de la masa arbórea requiere, y cuando cree fomentarla, la ataca radicalmente en su modo de ser».

Buenas o malas, el Gobierno fue incapaz de aplicarlas (L. OLAZÁBAL, 1857). Pragmáticas y ordenanzas, corregidores y comisarios, alcaldes y justicias, clamores y quejas,



# La defensa de la propiedad de los montes públicos

Ignacio Pérez-Soba Díez del Corral  
Gobierno de Aragón

## I

### ANTECEDENTES E INICIO DE LA INVESTIGACIÓN DE LA PROPIEDAD FORESTAL EN ESPAÑA

#### *1.1. La investigación de la propiedad forestal antes de la creación de la Escuela de Ingenieros de Montes (1575-1846)*

Habitualmente se cita como primer ensayo de una encuesta forestal nacional el envío de las *Relaciones topográficas* bajo el reinado de Felipe II (en 1575 y en 1578), pero estas *Relaciones* fueron enviadas solo muy parcialmente, y aún más parcialmente contestadas<sup>1</sup>. El primer intento amplio de formar una estadística nacional que incluyera información forestal fue el catastro promovido en 1755-1756 por el marqués de la Ensenada, ministro de Hacienda de Fernando VI. Este catastro fue una obra grandiosa, pero se resentía tanto de su orientación, eminentemente fiscal, como del origen de sus datos, muy desiguales según el interés y la veracidad de los informantes<sup>2</sup>. También la Contaduría General de Propios y Arbitrios<sup>3</sup>, instituida en 1760 y suprimida en 1836, obligaba a los concejos a inventariar sus montes «de propios»<sup>4</sup>. No obstante, aún en 1841 Antonio SANDALIO DE ARIAS, en su «Informe» a la Academia de Ciencias Naturales de Madrid, solo podía dar meras estimaciones, bastante groseras, acerca de la superficie de montes en España<sup>5</sup>.

---

<sup>1</sup> Según F. J. CAMPO, 2003: 441, las *Relaciones topográficas* son una fuente documental de primera importancia solo para los antiguos reinos de Castilla (Toledo), Murcia (parte), Jaén (parte) y la provincia de Extremadura.

<sup>2</sup> A. MELÓN, 1977; J. BLANCO, 1997: 15.

<sup>3</sup> Los arbitrios eran un gravamen indirecto sobre el tráfico mercantil o ciertos bienes, que la Corona delegaba en los ayuntamientos (I. PÉREZ-SOBA y M. Á. SOLÁ, 2004: 196).

<sup>4</sup> Es decir, y según la clasificación actual de los bienes municipales, los montes patrimoniales. Véase I. PÉREZ-SOBA y M. Á. SOLÁ, 2004: 189-201.

<sup>5</sup> Trabajo citado por A. PASCUAL, 1861: 141. SANDALIO daba estas cifras: 7.362.250 fanegas de montes

Por ello, el Estado ordena a los «comisarios de montes», varias veces entre 1837 y 1846 (en especial este último año), formar una estadística forestal española. Los comisarios de montes habían sido instituidos en 1835 (y organizados en 1845 y 1846) como base de la Administración Forestal española, y eran ayudados por «peritos agrónomos» (simples agrimensores, en realidad). Aunque en 1850 el Ministerio afirmaba que el inventario nacional de montes públicos estaba a punto de ser terminado<sup>6</sup>, no era cierto: los comisarios solo habían enviado datos muy poco útiles.

El trabajo obtenido no satisfizo los deseos de la Administración. La diversidad y poca explicación de las medidas superficiales empleadas en cada provincia para los cálculos, lo incompleto de algunos de estos, la notoria equivocación de los números que fijaban la proporción entre el territorio total de ciertas comarcas con el de los montes que en las mismas había diseminados fueron las causas principales de que aquella reunión de datos estadísticos quedase abandonada como poco digna de servir de base a ninguna medida o estudios administrativos<sup>7</sup>.

No era el primer fracaso, ni fue el último, de los comisarios de montes: muchas disposiciones oficiales (en 1847, 1848, 1849 y 1854) criticaron con dureza su falta de celo y de acierto. Como no se les exigía cualificación alguna en materia forestal, y su nombramiento y su cese dependían solo del gobernador civil<sup>8</sup>, muy rápidamente se convirtieron en instrumentos de las corruptelas y politiquerías típicas del mundo rural español en el siglo XIX:

Los Comisarios [de montes] y sus subalternos eran verdaderos agentes electorales, y, tanto por esto como por su falta de instrucción y la poca estabilidad que les ofrecía el destino que desempeñaban, había naturalmente de ser inútil toda tentativa para exigir de tales funcionarios el celo que requiere la índole especial del servicio. Así es que a nadie parecerá extraño que cuando los primeros Ingenieros [de Montes] empezaron a servir en el ramo, la Administración no tuviese dato alguno, ni aun aproximado, de la situación, de la superficie, de los límites ni de los rendimientos y de las mejoras referentes a los montes españoles<sup>9</sup>.

---

privados; 7 millones de fanegas de propios y comunes de los pueblos y 9 millones de fanegas de baldíos, realengos y montes de dueño no conocido. Las fanegas eran de 400 estadales de 10 pies cuadrados.

<sup>6</sup> «Entre las primeras y más urgentes atenciones de que se han ocupado los Comisarios y peritos agrónomos [...] ha sido una la formación de la estadística o censo provisional de los montes del reino, de que el Gobierno carecía, y cuyos trabajos [...] están ya próximos a su terminación y serán el primer trabajo ordenado de su clase» (Real Orden Circular de 21 de junio de 1850).

<sup>7</sup> A. PASCUAL, 1861: 140.

<sup>8</sup> En 1845 se dispuso que los jefes políticos provinciales debían nombrar a los comisarios y peritos cuidando de que poseyeran los conocimientos «posibles» en el ramo de montes. En 1855 se establecían como únicos requisitos para ser comisario de montes, bien haber pertenecido al Ejército en clase al menos de capitán, bien haber desempeñado un destino civil de al menos 10.000 reales de sueldo.

<sup>9</sup> F. GARCÍA MARTINO, 1870: 168 y 171.

# La tecnología telegráfica y telefónica\*

Jesús Sánchez Miñana

Centre de Recerca per a la Història de la Tècnica, UPC

*A Sebastián Olivé Roig, in memoriam*

El XIX fue el siglo de las telecomunicaciones, palabra, por cierto, acuñada en el siguiente. Desde las postrimerías del XVIII era un hecho la telegrafía óptica, que todavía daría servicio durante años en algunos países, antes de ceder el paso a la eléctrica en la mayor parte de las aplicaciones civiles, y continuaría utilizándose en algunas de estas y en las militares hasta el advenimiento de la radio. La telegrafía eléctrica reinó casi desde sus comienzos en la larga distancia continental y pronto salvó los océanos con cables submarinos. En el último cuarto del siglo el teléfono irrumpió en la cotidianeidad de la corta distancia y su creciente alcance se vería incrementado espectacularmente en el XX con la invención de la válvula electrónica, que hizo también posible el desarrollo de la radio.

En España la telegrafía óptica tuvo una aplicación escasa y tardía en el ámbito civil, pero dejó como importante legado la organización estatal creada para establecerla y explotarla, que, sin solución de continuidad, pasaría a ocuparse de la telegrafía eléctrica. Por otra parte, la sucesión de contiendas que el país sufrió proporcionaron amplio campo a la utilización de comunicaciones ópticas militares de carácter estratégico, incluso como alternativa a las eléctricas, cuya vulnerabilidad era mucho mayor. Hay que destacar que, si bien la tecnología era relativamente sencilla, nunca se recurrió a soluciones foráneas, y que pudo haber existido un fugaz prurito nacionalista. No volverían a repetirse excusas como las que dio una publicación oficial por la compra de anteojos en 1844 al suministrador de los telégrafos franceses, justificándola «a causa de la urgencia con que era preciso proveerse de un número de ellos tan considerable que ni los poseían los fabricantes españoles ni tampoco les era dado hacerlos en tan corto tiempo como se necesitaba»<sup>1</sup>.

---

\* Este texto resume el presentado como capítulo 1 del segundo tomo de este volumen, «Del semáforo al teléfono: Los sistemas de telecomunicación», en el CD adjunto. Allí el lector podrá encontrar las notas justificativas que aquí faltan, imprescindibles si desea profundizar en una materia donde son todavía escasas las referencias generales.

<sup>1</sup> *Boletín Oficial de Caminos, Canales y Puertos*, 28 de febrero de 1846: 61.

Este capítulo repasa cronológicamente inventos, ensayos y aplicaciones operativas de la telegrafía óptica, desde los primeros experimentos conocidos, contemporáneos de la construcción de la primera línea francesa en 1794, hasta el establecimiento por el Estado de algunas líneas a partir de 1844, interrumpido pocos años más tarde en favor de la telegrafía eléctrica. Por brevedad, la narración termina precisamente al aparecer esta, pero las comunicaciones ópticas continuaron siendo necesarias en muchos campos hasta que la radio pudo superarlas. Todavía en 1879 se daba a conocer un sistema que se estaba implantando para avisos de incendio en los montes de Valsaín (Segovia), y en torno a 1900 los ingenieros militares proyectaban un enlace entre puntos elevados de Barcelona y la isla de Mallorca, alternativo al cable submarino, utilizando potentes focos eléctricos.

La telegrafía eléctrica fue, a diferencia de la óptica, un servicio público, pero, como ella, un monopolio *de facto* del Estado que hasta 1868 no se vio reconocido en un texto legal, cuando Sagasta, en el preámbulo de un decreto programático de la Revolución de Septiembre, justificaba así la autorización a particulares para establecer líneas:

Otros Gobiernos verían en esta extensión de las comunicaciones telegráficas un motivo de peligro o de inquietud. Porque los Gobiernos populares no deben temerlas, y porque en ningún caso podría ser peligrosa la incorporación de líneas de corta extensión u organizadas como las de los ferrocarriles, y sometidas necesariamente a la intervención de las del Estado, [el Gobierno] solo consigna en las nuevas bases el derecho de suspender su uso en determinados casos; derecho que procede de la naturaleza de esta función, que, como los correos, la viabilidad y otras, pertenece al Estado<sup>2</sup>.

Fuera de este monopolio quedaron, también de hecho, las líneas telegráficas de los ferrocarriles, que parece que nunca fueron objeto de regulación, si bien desde 1868, antes de la Revolución, se intentó que las compañías abrieran sus estaciones al público y enlazaran con las del Estado, lo que no se logró hasta 1882. Además, hubo algunas líneas, muy pocas, de titularidad particular, que requerían autorización para funcionar y no podían dar servicio público. Por otra parte, no se sabe de comunicaciones eléctricas permanentes establecidas en este periodo por el Ejército, que sí contó desde 1874 con unidades específicamente dedicadas a la telegrafía de campaña e integradas solo por militares.

Así como hubo españoles que trabajaron en telegrafía óptica desde sus comienzos, aunque la aplicación a gran escala llegara tarde y a deshora, no ocurrió lo mismo con la eléctrica, si se exceptúa el caso singular de Francisc Salvà i Campillo. Su obra no tuvo continuidad, de modo que la nueva tecnología hubo de ser importada totalmente. Sin embargo, el deseo de mejora y las dotes de algunas personas, especialmente funcionarios del Cuerpo de Telégrafos, produjeron desde el principio del servicio una serie de aportaciones que, si bien rara vez aprovechó la entidad estatal,

---

<sup>2</sup> *Gaceta de Madrid*, 30 de noviembre de 1868: 3-6.

# El sistema terrestre de comunicaciones: caminos y ferrocarriles. Reflexiones y testimonios

Inmaculada Aguilar Civera  
Universidad de Valencia

## I

### UN RETO A LO LARGO DEL SIGLO

El XIX será un siglo de cambios importantes en la historia de los caminos. Se suprimen instituciones multiseculares (la Mesta, la Real Cabaña de Carretería) para dar paso a una nueva organización que facilita la promoción de nuevas redes de comunicación. La ley de expropiación forzosa de terrenos en favor de los caminos públicos, la creación del cuerpo de la Guardia Civil, las fuertes inversiones estatales en carreteras, la introducción de los caminos de hierro, etcétera, cambiarán por completo el panorama del territorio, un territorio que al final del siglo estará tupido por una gran malla de caminos de calidad, apta para carruajes, y una red de ferrocarriles que representa el nuevo modelo para transportar viajeros y mercancías. A medida que se construyen nuevos caminos y carreteras se produce una transformación profunda del sistema de transportes: para el sistema de carga la recua deja paso al carro, y para el de viajeros se multiplican las diligencias, góndolas, violines, tartanas, etcétera. Y, si durante la primera mitad del siglo el protagonista será la diligencia como medio de transporte público, en la segunda mitad este servicio será sustituido por el ferrocarril y la locomotora a vapor. En los últimos años del siglo ya aparecen algunos comentarios sobre el nuevo vehículo a motor y las primeras reflexiones acerca de la adaptación de los firmes del camino a las características del automóvil<sup>1</sup>.

En 1899 la *Revista de Obras Públicas* edita un número extraordinario para celebrar el centenario de creación de la Inspección y Cuerpo de Caminos por la Real Orden del 12 de junio de 1799<sup>2</sup>. Esta reseña histórica puede ser el punto de partida para analizar y valorar el conjunto de obras y el desarrollo de las redes de comunicación terrestres durante el siglo XIX.

---

<sup>1</sup> E. GONZÁLEZ GRANDA, 1896: 487-489.

<sup>2</sup> «Ingenieros de caminos, canales y puertos: sus obras», 1899.

Con respecto al resumen histórico de la red de carreteras del Estado, los conceptos que se manejan son la construcción y habilitación de esas vías, el término medio de kilómetros construidos y los costes de construcción y conservación. En los comentarios se manifiestan los diferentes ritmos que se acusaron en las distintas etapas políticas, así como las dificultades para controlar contratos, recepción de obras y mantenimiento por falta de vigilancia. El primer dato que se nos da a conocer es el escaso crecimiento de la red entre 1748 y 1799, pues solo se construyeron y habilitaron unos 1.670 kilómetros (con un promedio de 34 al año), de los cuales la mayor parte corresponden al reinado de Carlos III. Según los datos de la memoria, la construcción de carreteras en las primeras décadas se ve profundamente afectada por los cambios políticos acaecidos. Hasta 1808 el promedio fue de 278 kilómetros al año; sin embargo, en los veinte años siguientes solo se construyeron 813 kilómetros en total, es decir, unos 40 al año. A partir de 1834 la media va incrementándose, de forma que entre 1834 y 1856 el promedio anual es de 215 kilómetros; entre 1856 y 1868, de 764; entre 1868 y 1875, de 369; entre 1875 y 1885, de 481, y entre 1885 y 1896, de 692.

Igualmente, se hace referencia a la red de carreteras provinciales y caminos vecinales, construcción muy poco desarrollada a lo largo del XIX y que constituye una problemática específica muy discutida en las últimas décadas de la centuria. De hecho, en todo el resumen se mantiene una comparación sistemática con los datos de construcción en Francia, modelo una vez más de la política de obras públicas. Los datos no admiten discusión cuando se trata de carreteras provinciales y vecinales. A finales del siglo la red de carreteras provinciales en España era de 7.000 kilómetros, frente a los 38.000 de la red francesa. En cuanto a la de caminos vecinales, la desproporción es mucho mayor: de los 19.300 kilómetros de longitud de la red española a los 613.000 de la red francesa.

Con respecto al ferrocarril, los redactores manejan los mismos conceptos (longitud de las líneas construidas, costes) y los analizan comparativamente con el resto de Europa. Aportan además numerosos datos legislativos al respecto, a los que suman algunas reflexiones sobre la prudencia con que se deben tomar decisiones a la hora de ampliar la red de vía ancha, y valoran las ventajas de los ferrocarriles de segundo orden o de vía estrecha. El amplio análisis del ferrocarril frente a la carretera refleja el debate continuo sobre el nuevo sistema de comunicaciones.

El resumen global de la actividad constructiva de líneas férreas se contabiliza realizando un promedio entre población y extensión del territorio nacional:

España, en 1.º de Enero de 1897, ocupaba, por la longitud de su red férrea comparada con su extensión superficial o su población, el término medio en el concierto europeo. Tenía 2,4 kilómetros de vía por cada 100 kilómetros cuadrados de territorio, y 6,8 por cada 10.000 habitantes. Los términos medios totales para toda Europa eran respectivamente de 2,6 y 6,7. Verdad es que para salir este resultado pesaban en la balanza Rusia, que, en el primer concepto, solo tenía 0,7 kilómetros, Noruega (0,5), Suecia (2,1), Turquía (0,8)... No de otra manera se hubiera contrarrestado la superioridad de Bélgica (19,5), Gran Bretaña e Irlanda (10,8), Alemania (8,7), Holanda (8,7), Suiza (8,6), Francia (7,6)...

# El material móvil para el transporte terrestre

Julián Simón Calero  
Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial

## I

### INTRODUCCIÓN

Se entiende por *material móvil* los vehículos utilizados para el transporte de viajeros y mercancías por caminos, carreteras o vías férreas, bien entre ciudades o en trayectos urbanos; esto es, carrromatos, diligencias, automóviles, ferrocarriles y tranvías. Si se introduce el factor tecnología como criterio, la lista se reduce esencialmente a los tres últimos, ya que los otros se remontan casi a la época de los romanos, aunque con algunas mejoras. El ferrocarril constituyó el medio de transporte distintivo del siglo XIX: apareció en el mundo en su primer cuarto y se desplegaría *in crescendo* hasta los años finales. En España el primer tren circuló en 1848, tarde respecto a nuestros vecinos europeos, y además en una línea construida por extranjeros y con material también foráneo. Esta tónica se prolongaría sin solución de continuidad hasta cruzar el cambio de siglo. Pero, si introducimos como factor adicional la aportación española, encontramos que la primera locomotora se fabricó en 1884, aunque ya se habían construido coches y vagones con anterioridad, si bien en muy pequeña proporción. La producción de material propio creció lentamente hasta el estallido de la Gran Guerra, que supondría una discontinuidad al alza, dado que las dificultades en los suministros ocasionaron un cambio en el modelo productivo nacional. Este hecho, junto con varias disposiciones administrativas respecto a las importaciones, motivó que a partir de la década de los veinte la producción fuese casi autónoma. En resumen, la era del ferrocarril se inicia en España a mediados del XIX, aunque en cuanto a técnica e ingeniería hemos de retrasarla hasta los años ochenta, y se prolonga durante las dos primeras décadas del XX.

Respecto al segundo protagonista, el automóvil, su aparición tiene lugar en las dos últimas décadas del siglo XIX, si bien su desarrollo corresponde casi completamente al XX. En España, también con algún retraso —menor, empero, que con el ferrocarril—, los primeros productos propios significativos lo fueron tras el cambio de siglo. Igualmente, la gran contienda europea fue una marca delimitadora, aunque hay otros hechos adicionales. En cuanto al tranvía, su aparición con tracción animal ocu-

rió sobre 1870. La incorporación del vapor se produjo en la última década del siglo XIX, y la electrificación, ya en el XX, y, si bien también fue iniciada por empresas extranjeras, las nacionales empezaron muy pronto a producir material propio, aunque con los componentes eléctricos importados.

Por lo expuesto, los vehículos mecánicos nacionales se circunscribirían a las últimas décadas del Ochocientos, algo que se prolonga de forma suave hacia el XX. Por ello, el siglo XIX no constituye al respecto una unidad de referencia adecuada. No obstante, no podemos olvidar los medios de tracción animal, o de sangre, a pesar de que su ingeniería nos parezca de rango menor. Ahora bien, también aquí el siglo XIX es una mala medida, ya que el desarrollo de las carreteras, en su sentido de caminos adoquinados, es tardío, pues empezó a mediados del siglo anterior y continuó, con altibajos, durante casi una centuria. Consecuentemente, los antiguos carromatos y tartanas evolucionaron para dar lugar a las diligencias, cuyo uso se mantuvo casi hasta el siglo XX, coexistiendo con los trenes y sus derivados, complementando la red ferroviaria y cubriendo la demanda urbana.

A las consideraciones relativas a los medios de movilidad en sí mismos, y puesto que el objetivo que perseguimos es el análisis de cómo se enfrentaron la inventiva y la tecnología españolas con estos nuevos medios, hemos de añadir el contexto industrial y productivo nacional en esos años, que fueron los de la Revolución Industrial en el mundo. La industrialización española, con su retraso y su baja intensidad, ha sido estudiada con bastante detalle, y, si bien existe un conjunto de hechos casi aceptados unánimemente, hay otros aspectos que son motivo de controversia. Más aún, la relación de este proceso con el desarrollo del ferrocarril es una de las cuestiones en discusión. Aunque no sea este el foro donde debatir tales cuestiones, sí son necesarias al menos unas anotaciones básicas.

### ***1.1. Los medios de transporte tradicionales (1750-1850)***

Hacia 1700 el sistema de caminos en España era de estructura reticular, resultante de las rutas romanas y medievales, a su vez condicionadas por los factores orográficos y humanos. La configuración radial comenzó a perfilarse hacia 1720, aunque hasta mediados de siglo no hubo una acción directa del Estado en ese sentido, que finalmente se fijó por Real Decreto en 1761. Se establecieron los «seis caminos grandes» (S. MADRAZO, 1984). Esta estructura tuvo defensores y detractores ya desde sus orígenes, y la polémica ha llegado hasta hoy día. Un siglo más tarde se repetiría la misma configuración para la red de ferrocarriles.

En 1750 había unos 10.000 kilómetros de «caminos de rueda», además de los «caminos de herradura»<sup>1</sup>. Fue entonces cuando se empezaron a construir las «autén-

---

<sup>1</sup> S. MADRAZO, 1991. Este autor es quien más ha estudiado las carreteras y los caminos en esos años. Su obra *La edad de oro de las diligencias* contiene ilustraciones excelentes y se presta a una lectura deliciosa, que llega incluso a tintes casi aventureros cuando trata de las amenazas a los viajeros por los bandoleros.



## La navegación submarina: un reto apasionante\*

Antoni Roca Rosell  
Universidad Politécnica de Cataluña

### I

#### LA NAVEGACIÓN SUBMARINA Y LOS ESPAÑOLES EN EL SIGLO XIX

Las aportaciones españolas deben enmarcarse en un momento internacional de nuevas contribuciones a la navegación submarina, con unos ensayos en muchos países del mundo que, a finales de la centuria y a principios de la siguiente, darían por resultado los submarinos modernos. Muchos de estos ensayos inspiraron al novelista francés Julio Verne, que dio un gran protagonismo a la nave *Nautilus* en su obra *Veinte mil leguas de viaje submarino*, aparecida en 1869-1870, tras la guerra de Secesión americana. Verne reflejó y extrapoló los avances de su tiempo, con una referencia explícita a los ensayos norteamericanos, como lo indica la elección del nombre de su submarino, tomado del prototipo de Robert Fulton de los años de cambio del siglo XVIII al XIX. La novela de Verne, a su vez, representó un reto para los técnicos, pues parecía que debían hacer realidad la fantasía tecnológica del autor francés.

Entre 1850 y 1890 hubo en España por lo menos tres proyectos destacados de navegación submarina, los de Cosme García, Narcís Monturiol e Isaac Peral. Ninguno de ellos acabó cuajando completamente, entre otras cosas por la complejidad de la situación del momento, tanto en términos tecnológicos, científico-técnicos e industriales como de coyuntura política y económica. Además, en la misma época tuvieron lugar experimentos en muchos países. Sin embargo, el carácter militar de casi todos ellos comportaba un conocimiento limitado de los detalles técnicos, generalmente sobredimensionados o deformados por los medios de difusión.

Un observador español de la época, el ingeniero y académico José Echegaray, ante la necesidad de revisar los diseños de submarino de su tiempo para evaluar la originalidad del propuesto por Isaac Peral, afirmó<sup>1</sup>:

---

\* Véase también el capítulo 6 del tomo segundo de este volumen, A. ROCA: «La navegación submarina: notas sobre su desarrollo desde el Renacimiento hasta el siglo XIX» (en el CD adjunto).

<sup>1</sup> J. ECHEGARAY, 1890 (3 de diciembre), reproducido en J. ECHEGARAY, 1891: 41.

Para resolver esta duda no hay más que un medio: *ir examinando uno por uno todos los submarinos conocidos*<sup>2</sup> y compararlos en sus organismos y su modo de funcionar con el del inventor español. Y en verdad que esto es imposible: los submarinos se cuentan por decenas, quizá pasen de ciento.

La presencia de un número considerable de inventores de navegación submarina en España es una nueva muestra de que los españoles fueron relativamente activos en la técnica en el siglo XIX. Esto es algo que en general se puede comprobar en *Técnica e ingeniería en España* y, centrados en la navegación submarina, han señalado autores como L. LÓPEZ PALANCA (2005), quien apunta la riqueza relativa de las aportaciones de españoles, aunque destaca el fracaso de casi todas ellas. Por otro lado, España era un país marítimo, volcado al mar, su medio principal de transporte y de comunicación, con un sistema de comunicación interior (ferrocarril, nuevas carreteras) en proceso de establecimiento. Además, la Armada española estaba en el siglo XIX en un proceso de crisis muy importante, tras la independencia de muchos países en América.

En la historiografía internacional de la navegación apenas si se recogen las contribuciones hechas en España, como tampoco se recogen en otros campos. Además, la historia de la navegación submarina ha estado algo al margen de la historiografía «central» de la ciencia y de la técnica, como una temática casi acaparada por entusiastas de los artefactos navales antiguos o por la historia de la náutica militar. Es interesante señalar, sin embargo, las contribuciones de Alex Roland, quien tomó el caso de la navegación submarina en Estados Unidos como una oportunidad para analizar los tópicos que se construyen en un contexto de nacionalismo científico y técnico, prioridad de invención, etcétera. Su demostración de la filiación «europea» del pionero de la navegación en Estados Unidos, David Bushnell, quiere matizar las apropiaciones nacionalistas de la historia. Además, Roland pone de manifiesto un elemento muy relevante: desde el punto de vista de la invención, la navegación submarina ya fue resuelta en el Renacimiento. Durante el siglo XIX se produjo un proceso de innovación, es decir, de conversión del invento renacentista en un artefacto funcional<sup>3</sup>.

## II

### EL PIONERO, COSME GARCÍA

El primer inventor de la navegación submarina que vamos a mencionar, sin duda el pionero en el siglo XIX, es Cosme García Sáenz, que nació en Logroño el 27 de septiembre de 1818<sup>4</sup>. Su padre, Andrés García, se había comprometido desde por lo

<sup>2</sup> Énfasis en el original.

<sup>3</sup> A. ROLAND, 1977 y 1978.

<sup>4</sup> Para la biografía de Cosme García seguimos a E. ANDICOBERRY, 1916a, y a A. R. RODRÍGUEZ, 1996. Igualmente, F. FERNÁNDEZ, 2007. Existe un «apunte biográfico» en el tomo V de esta colección, 2007: 656.