

LA ENSEÑANZA TÉCNICA EN ESPAÑA
Y EN EUROPA OCCIDENTAL
Y EL PROBLEMA DE LA FORMACIÓN
DEL CAPITAL HUMANO INDUSTRIAL.
VEINTICINCO AÑOS DE ESTUDIOS

JOSÉ MANUEL CANO PAVÓN
Universidad de Málaga

RESUMEN

En el presente artículo se realiza una revisión general sobre los trabajos aparecidos preferentemente durante los últimos veinticinco años sobre la enseñanza industrial en España y en Europa Occidental. Los artículos y libros publicados en este campo son numerosos, y muestran los esfuerzos realizados por los diferentes países para conseguir disponer del capital humano necesario para el desarrollo industrial.

En el caso de España, la enseñanza industrial siguió un camino tortuoso. Los recursos económicos aportados por el Gobierno fueron insuficientes, y algunas escuelas industriales (fundadas entre 1850 y 1852) tuvieron una existencia fugaz. Como consecuencia de todo ello, el capital humano industrial español era muy escaso a fines del siglo XIX. A partir de este momento, los esfuerzos de las diferentes

ABSTRACT

In the present article, a general survey of the studies preferably appeared during the last twenty-five years on the industrial teaching in Spain and Western Europe is presented. The articles and books published in this sense are numerous, and show the efforts made by the different countries to obtain the human capital necessary for their industrial development.

In the case of Spain, the industrial teaching follows a tortuous way. The economic resources supplied by the Government were insufficient, and many industrial schools (founded between 1850 and 1852) had a fleeting existence. This fact made the industrial capital of Spain very scarce at the end of the 19th century. From that moment, the efforts of the different governments in this field increased appreciably, and new engineering schools appeared, as well as other schools devoted

autoridades gubernativas en este terreno hicieron posible un incremento apreciable de las escuelas de ingeniería, así como de aquellas otras destinadas a la formación de técnicos medios y de las escuelas de artes y oficios orientadas a la formación de obreros y artesanos. Sin embargo, la competencia con los ingenieros y técnicos extranjeros siguió siendo importante durante un largo periodo del siglo XX, debido a que los ferrocarriles, la minería y ciertas industrias importantes estaban controladas por compañías extranjeras.

to the formation of secondary technicians, and also different arts-and-crafts schools for workers and craftsmen on various industrial subjects. However, the competition with foreign engineers and technicians was important during a long period of the 20th century, due to the fact that railways and mining, as well as some basic industries, belonged to foreign companies.

Palabras Clave: Enseñanza industrial, Enseñanza Técnica, Capital humano, Ingeniería, Técnica, Artes y Oficios, España, Europa Occidental, Revisión bibliográfica, Historiografía, Siglo XX.

La historia económica del último tercio del siglo XX ha prestado especial atención al estudio del capital humano, comprendiendo bajo esta denominación al conjunto de personas que, en diferentes niveles y con distinto grado de responsabilidad, intervienen en el proceso productivo. Ya Adam Smith, en los inicios de la Revolución Industrial, consideraba —desde su óptica ortodoxamente liberal— a la educación como una forma de capital, y afirmaba que un trabajador, con suficiente experiencia, podía ser considerado en su rendimiento con una máquina costosa. A lo largo del siglo XIX, los países que iban entrando en el proceso industrializador se preocuparon por crear centros docentes para la formación de técnicos y obreros especializados, conscientes de que no era posible conseguir un desarrollo industrial sin una mano de obra preparada. Hasta entonces habían sido los gremios los que tenían a su cargo la formación artesanal-industrial, pero los rápidos desarrollos tecnológicos que se produjeron desde fines del siglo XVIII, unido a la decadencia de estas corporaciones, hicieron necesario afrontar la formación industrial (y técnica en general) en centros específicos. En líneas generales, la difusión de los avances tecnológicos fue paralela con la presencia de este personal técnico, que era el que podía estar más capacitado para la utilización de las nuevas máquinas y procedimientos

1. Aspectos generales

Aunque el concepto de capital humano estaba implícitamente admitido desde la época de la Revolución Industrial (y quizás con anterioridad), fue el norteamericano T.W. Schultz el primero que estableció un modelo analítico que incorporaba la educación como factor decisivo de la productividad, para lo cual introdujo el análisis de las tasas de rendimiento de la educación [SCHULTZ, 1971]. El ser humano, según este análisis, puede ser considerado por tanto como una forma de capital. Las capacidades que cada individuo adquiere a través de la educación han de ser producidas; son, por lo tanto, el resultado de una inversión en formación. A esta inversión formativa se le puede atribuir una rentabilidad similar a la que puede tener cualquier otra forma de inversión en capital, pudiendo ser evaluada, aunque con las necesarias matizaciones. También puede ser abordada la influencia de la educación en el desarrollo considerando la mejora de la productividad del trabajador en el desempeño de una determinada tarea.

Esta influencia de la educación en el crecimiento económico es un fenómeno que ha sido ampliamente considerado en los últimos tiempos, aunque los estudios se circunscriben normalmente a los siglos XIX y XX, en los que la existencia de datos estadísticos fiables hace posible el estudio cuantitativo. La mayoría de los trabajos tratan de relacionar la educación primaria (especialmente la alfabetización) con el desarrollo económico, pero no suelen profundizar en la consideración de otros niveles educativos, como puede ser la formación técnica, de especial incidencia en el mundo industrial. Se han publicado varios estudios interesantes sobre la relación entre la educación primaria (basándose principalmente en la alfabetización) y el desarrollo económico, tanto a nivel español [NÚÑEZ, 1992; PÉREZ MOREDA, 1997] como mundial [NÚÑEZ, 1993 y 1997]. En esta misma línea, el economista Gabriel Tortella ha editado un libro multiautor en el que se recogen numerosos trabajos sobre este tema [TORTELLA, 1990].

Aunque hay trabajos que no requieren una educación especial, ni siquiera una alfabetización, como muchas actividades agrícolas y otras de peonaje en fábricas, obras y servicios, en el terreno industrial es quizás donde los conocimientos y la formación profesional tienen una importancia más grande. Aunque Bernal sostenía que el ingeniero industrial no era descendiente del ingeniero militar, sino del fabricante de molinos y del fundidor de la época artesanal [BERNAL, 1979, vol. 1, p. 420], lo cierto es que, al progresar la tecnología

durante la Revolución Industrial, se hizo necesario que los técnicos tuvieran una buena formación teórica y práctica. De ahí que muchos de los responsables de las industrias, desde comienzos del siglo XIX, hicieran gestiones para que los organismos públicos (o en algunos casos, las entidades privadas) establecieran un sistema específico y eficaz de enseñanza industrial, con el cual pudieran conseguir el capital humano necesario que —dadas las características específicas de las fábricas— debía estar constituido por ingenieros, técnicos medios (peritos, contra maestros, etc.) y obreros especializados. Esta enseñanza industrial debería necesariamente partir de una educación primaria extensa y eficaz, sin la cual cualquier intento de dar una formación especializada estaba abocado al fracaso.

Sin embargo, la formación de un personal especializado requería, evidentemente, un gran esfuerzo económico y organizativo, ya que había que formar previamente al profesorado que se fuera a encargar posteriormente de la docencia, crear los centros docentes, dotarlos de instrumentos y material, y costear su funcionamiento; además, para atraer a los alumnos había que ofrecerles unas condiciones óptimas para cursar sus estudios y abrirles expectativas laborales al término de ellos. Existía otra posibilidad, que en muchos casos también se utilizó: importar al personal técnico del extranjero. Sin embargo, esta alternativa, que podía ser útil a corto plazo, tenía importantes inconvenientes si se dilataba en el tiempo: 1) era costosa, ya que los sueldos de este personal deben ser elevados; 2) era limitada, porque el número de especialistas extranjeros susceptibles de ser contratados no podía ser alto; 3) creaba una dependencia técnica permanente del país importador con relación al exportador; 4) dificultaba el acceso de los técnicos autóctonos a los puestos de responsabilidad (hecho que se dio en España de forma manifiesta).

Todos estos factores determinaron que en los países europeos, en la primera mitad del siglo XIX, se establecieran numerosos centros docentes para formar el personal que requería el proceso industrializador, en cuya dinámica iban entrando paulatinamente, aunque el aprendizaje en las fábricas —heredero del antiguo aprendizaje gremial— tuvo también un peso importante. En el primer tercio del siglo XIX, Gran Bretaña ocupaba un papel hegemónico en la economía europea; no sólo los productos y maquinarias británicas inundaron Europa, sino que numerosos técnicos de este país fueron contratados para organizar las nuevas industrias que iban surgiendo en Europa continental. Pronto, sin embargo, se crearon o reorganizaron en diferentes países europeos (Francia, Bélgica y diversos estados alemanes) los centros docentes de distinto nivel en los que se formarían los técnicos que la industria demandaba. En la

Francia revolucionaria ya se habían creado algunos de ellos, como la *École Polytechnique*, pero es a partir de los años veinte y treinta del siglo XIX cuando el proceso se aceleró. Estos centros docentes franceses, belgas y alemanes (y por supuesto británicos) alcanzaron pronto un excelente nivel, y contribuyeron en gran medida al desarrollo técnico e industrial de los diferentes países, y de Europa Occidental en su conjunto.

El progreso de estos centros docentes europeos de carácter técnico y científico fue asimismo posible por la existencia previa de un eficaz sistema general de enseñanza, por un alto grado de alfabetización y por poseer un nivel importante de desarrollo económico. Sin estas condiciones, los centros no hubieran alcanzado el nivel científico-técnico y el prestigio que consiguieron a lo largo del siglo XIX. La necesidad industrial creó dichos centros, y estos a su vez influyeron en el proceso industrial suministrando técnicos y tecnología al proceso industrializador. Estas instituciones docentes se fueron diversificando y especializando durante el siglo XIX, adaptándose a las necesidades de una industria en continuo cambio. En Alemania, Francia y Bélgica, diversas escuelas de ingeniería industrial alcanzaron un alto nivel y sirvieron de modelo a otros centros europeos y contribuyeron en gran medida al desarrollo tecnológico de dichos países.

Existía una vía alternativa para la formación de obreros especializados e incluso capataces: el aprendizaje en las fábricas y talleres, en la que la presencia de una mano de obra de corta edad era habitual. Sin embargo, este sistema, que posiblemente fue el más extendido en el siglo XIX en gran parte de Europa, tenía una cara amarga, ya que los aprendices eran en muchos casos sistemáticamente explotados; se les pagaba mal, y se les encomendaban las tareas más desagradables y difíciles, especialmente aquellas en las que la agilidad de los adolescentes era especialmente útil. Existen pocos datos sobre esta vía formativa, pero en general las largas jornadas de trabajo, la insalubridad de las instalaciones fabriles y la escasa alimentación hicieron que la tasa de mortalidad entre los aprendices fuera alta; esta situación ha sido denominada por algunos autores como *la matanza de los inocentes*, dentro de un estudio global realizado sobre la enseñanza técnica [PELPEL, 1993]. Esto explica que entre la clase obrera existiera también un interés manifiesto por la formación profesional, a fin de evitar o minimizar las consecuencias indeseables del aprendizaje. Desafortunadamente, los estudios sobre este tema son escasos, en gran parte debido a la inexistencia de datos fiables, aunque las denuncias en la prensa obrera y las reivindicaciones en algunos movimientos huelguísticos lo sacaban a la

luz en ocasiones. A título de ejemplo, puede citarse un artículo general publicado en Bélgica [HAESSENNE-PEREMANS, 1983] y el libro de Tuñón de Lara sobre el movimiento obrero en España [TUÑÓN, 1972]. La explotación de los aprendices también se dio en los países industriales durante el siglo XX, como puso de manifiesto un estudio realizado sobre la revuelta de los aprendices británicos en 1937 [MC KINLAY, 1986].

Como contrapartida al aprendizaje estaba la formación obrera en centros específicos, que en sus diferentes modalidades corrió a cargo del Estado o de otros organismos públicos o privados. En el caso de España, muchos de los estudios realizados en los sobre este tema (enseñanza de artesanos, escuelas de artes y oficios, etc.) han sido recopilados por Jean Louis Guereña, que los agrupa bajo la denominación de *educación popular* [GUEREÑA, 1993].

2. La enseñanza técnica industrial en Europa

Quizás sea la extensa obra publicada bajo la coordinación de C.M. Cipolla la más importante aplicación al estudio de la historia económica de Europa contemporánea [CIPOLLA, 1982-83], dedicándose el tomo 3 a la Revolución Industrial, el 4 al nacimiento de las sociedades industriales en diversos países europeos, y los tomos 5 y 6 al desarrollo económico en el siglo XX. La obra, en la que han intervenido reconocidos especialistas, apenas tiene en cuenta el factor del capital humano y su formación, considerándolo sólo de forma fragmentaria, aunque los aspectos tecnológicos de la Revolución Industrial (especialmente los progresos de la maquinaria textil y las mejoras siderúrgicas) sí han sido tenidos en cuenta [LILLEY, 1983]. Con respecto al tema de la enseñanza industrial en Europa a lo largo del siglo XIX y principios del siglo XX, hace unos años apareció un libro coordinado por Fox y Guagnini, en el que se hacía un estudio sobre este tipo de docencia en diversos países en dicho periodo [FOX y GUAGNINI, 1993].

El caso de Gran Bretaña, cuna de la Revolución Industrial, ha recibido bastante atención. Así, se ha publicado un interesante estudio global sobre la actividad de las universidades británicas (Durham, *King's College* de Londres, Cambridge, *Yorkshire College* de Leeds, *University College* de Bristol, *Fifth College* de Sheffield, etc.) que crearon enseñanzas específicas de tecnología industrial [GUAGNINI, 1993]. En 1885 comenzó a funcionar en Londres un nuevo centro, el *Central Institution*, dependiente del *Imperial College of Science and Technology*, que contó con unas excelentes instalaciones [HALL,

1982]. Recientemente se ha publicado un libro en el cual se hace un estudio detallado de la enseñanza técnica en la Inglaterra del siglo XIX y sus relaciones con el desarrollo tecnológico [CRONIN, 2001].

Los centros de enseñanza técnica franceses, muchos de ellos surgidos con la Revolución, han sido por lo general aceptablemente estudiados. A diferencia de Gran Bretaña, donde fue la iniciativa privada la que llevó el peso de la enseñanza industrial, en Francia fue el Estado el que creó la mayor parte de los centros para afrontar el reto de este tipo de docencia, centros que por lo general funcionaron al margen de las universidades clásicas, en *écoles* especialmente diseñadas. De hecho, las primeras *écoles* arrancan de mediados del XVIII, como la famosa *École des Ponts et Chaussées*, fundada en 1747, y en la cual se inspirarían los gobernantes españoles cuando se acometió la creación de la Escuela de Caminos. Durante la Revolución vería la luz la *École Polytechnique*, y ya en el primer tercio del siglo XIX la *École Centrale des Arts en Manufactures* de París, creación privada, pero que pocos años después pasaría a tener carácter público. De forma paralela se crearon las denominadas *écoles d'arts et métiers* para la formación de obreros especializados y técnicos medios, y el *Conservatoire Nationale des Arts et Métiers*, creado inicialmente para difundir entre los industriales los nuevos adelantos técnicos, pero que paulatinamente fue adquiriendo funciones docentes.

El estudio global mas extenso ha sido realizado por Fox y Weisz, estudio referido a la tecnología y a la ciencia en Francia desde 1808 a 1914, en el cual los aspectos docentes han sido especialmente destacados [FOX, 1980]. Una orientación parecida, aunque referida a un periodo distinto (1880-1939) ha visto la luz en fecha posterior [GRELON, 1993]. También es interesante, desde una perspectiva amplia, el trabajo realizado por Langins [LANGINS, 1987], y un estudio general realizado sobre el profesorado de las universidades y las escuelas especiales [CHARLE, 1985]. Grelon se ha ocupado asimismo del nacimiento y los primeros tiempos de la ingeniería industrial superior [GRELON, 1996]. También han aparecido estudios sobre centros concretos, como los referentes a la *Polytechnique* [CALLOT, 1993; FOURCY, 1987], al *Conservatoire* [FONTANON, 1994] y las *écoles d'arts et métiers* [DAY, 1991], así como a las relaciones entre las escuelas de comercio y la enseñanza de los ingenieros [GRELON, 1997]. Es asimismo interesante el estudio realizado sobre la visita que el barón Charles Dupin hizo a Gran Bretaña en el primer tercio del siglo XIX para estudiar la tecnología que se estaba desarrollando en las zonas industriales [BRADLEY, 1991]. Sobre la presencia de estudiantes

École Centrale de París se ha realizado un interesante trabajo estadístico [GLICKSON, 1993].

En Alemania la característica más destacada inicialmente fue la diversidad, como consecuencia de su situación política. Paulatinamente el modelo prusiano fue extendiéndose a los diferentes estados del Reich. Dos tipos de centros fueron los que se repartieron la enseñanza industrial en sus diferentes niveles: las *Polytechnische Schulen*, pronto denominadas *Technische Hochschulen*, que tuvieron a su cargo la ingeniería superior, y las *Technische Mittelschulen*, que se ocuparon del nivel medio. El éxito de estos centros fue manifiesto; así, en una encuesta realizada entre todos los técnicos medios y superiores existentes en la industria, un 26,4% eran ingenieros procedentes de las *Hochschulen*, un 69,1% procedían de las *Mittelschulen*, y el resto (4,5%) eran personas formadas directamente en las fábricas y talleres. Los estudios más importantes sobre estos centros han sido realizados por König y Ludwig, junto a otros autores [LUDWIG, 1981; GISPEN, 1989; KÖNIG, 1986 y 1993].

Después de Francia, fue posiblemente Bélgica el país que más influencia ejerció sobre la enseñanza industrial española en el siglo XIX. El nivel que alcanzó la ingeniería belga desde mediados del siglo fue muy importante, como lo prueba el prestigio de sus escuelas técnicas y la amplia difusión de los libros técnicos escritos por profesores vinculados a las mismas. El modelo docente belga recibió importantes influencias, tanto de Francia como de Alemania, aunque tiene unas características originales. Difiere del sistema francés en que los centros docentes belgas estuvieron desde un principio más conectados con la industria. Al alcanzar Bélgica la independencia política se crearon las primeras escuelas superiores: la *École Royale Militaire*, establecida en Bruselas en 1834, la *École des Mines* de Lieja, y la *École du Génie Civil* en Gante, ambas creadas en 1838. Estas escuelas, como ocurría en Francia, fueron desde sus comienzos independientes del sistema docente universitario. En 1836, las escuelas de Gante y Lieja fueron reformadas y ampliadas. En 1838 cada una se dividió en dos. En Gante se constituyeron la *École Spéciale du Génie Civil* por un lado y la *École des Arts et Manufactures* por otro, mientras que la de Lieja se dividió en la *École Spéciale des Mines* y la *École des Arts et Manufactures*. Al margen de la iniciativa estatal, para promover la enseñanza especial se crearon otros centros de origen diferente pero con objetivos similares. Así, la Iglesia católica creó en 1863 la *École Spéciale du Génie Civil, d' Industrie et des Mines* en Lovaina, independiente de la Universidad Católica fundada en dicha ciudad en 1834 [BAUDET, 1993].

En las escuelas especiales belgas los estudios que se realizaban tenían niveles y titulaciones diferentes. Por ejemplo, en Lieja se podían obtener los títulos de *ingénieur honoraire* en ingeniería de minas, *ingénieur civil* en minas, *ingénieur civil* en artes y manufacturas e *ingénieur civil* mecánico. Para poder ingresar en el cuerpo de minas era necesario ser *ingénieur honoraire*, que era el nivel superior y que, por tanto, exigía mayor tiempo de estudios. Más de doscientos alumnos obtuvieron esta máxima titulación en Lieja entre 1841 y 1868; el origen de estos alumnos era principalmente burgués, con escasa representación de los sectores aristocráticos [BAUDET, 1984].

En el último tercio del siglo XIX se incrementó el número de centros, creándose, entre otros, la Escuela Politécnica establecida por la Universidad Libre de Bruselas. En 1883 abrió sus puertas en Lieja el *Institut Electrotéchnique Montefiore*. El *Montefiore* impartió un curso de un año sobre la nascente ingeniería eléctrica a aquellos alumnos que previamente hubieran realizado una ingeniería en las diferentes escuelas especiales. En 1892 comenzó sus actividades el *Institut Meurice-Chimie* en Charleroi, creado por Albert Meurice, con el objetivo de impartir ingeniería química.

En Italia, el sistema docente estuvo apreciablemente fragmentado hasta la conclusión del proceso de unificación. Sin embargo, una característica común a los distintos territorios italianos fue la importancia que las universidades tuvieron siempre en el control de las enseñanzas técnicas, a diferencia de lo que ocurría en Francia, Bélgica o Alemania. A partir de 1859, con el proceso de unificación bastante avanzado, se llevó a cabo una reforma del sistema educativo, que afectó principalmente a las enseñanzas técnicas. A nivel de enseñanzas secundarias, se crearon las *scuole tecniche* y los *istituti tecnici*, como una alternativa a los tradicionales *licei classici*, que daban una formación secundaria general. A nivel superior se establecieron las *scuole di applicazione per ingegneri*, como una subsección de las universidades; de hecho, funcionaron como escuelas anexas a las facultades de matemáticas y de física. Estas escuelas de ingeniería, dependientes de las universidades, se abrieron en diferentes ciudades paulatinamente: Turín (1860), Palermo (1860), Bolonia (1862), Nápoles (1863), Roma (1873) y Padua (1876). En Milán, la situación era distinta, porque la ciudad lombarda carecía de universidad (estaba en la pequeña ciudad de Pavía), a pesar de su desarrollo industrial y de contar con importantes instalaciones científicas y culturales. Esto condujo a la creación, en 1862, del *Istituto Tecnico Superiore*, que contó con una escuela de *applicazione* en su seno [GUAGNINI, 1993].

En estas escuelas de aplicación se estudiaban diversas ingenierías. La más frecuente era la ingeniería civil, pero pronto comenzó a impartirse ingeniería mecánica (especialmente en Turín y Milán). Aunque minoritarios en principio, los ingenieros mecánicos comenzaron a ser mayoritarios en estos centros a fines del siglo XIX. A comienzos del siglo XX, la Escuela de Turín contó asimismo con una sección de ingeniería química. También en la activa ciudad piemontesa se creó en 1862 un *Museo Industriale Italiano*, que pocos años después comenzó también a impartir enseñanza técnica. En 1906, el *Museo* y la *Scuola de Applicazione* se refundieron, constituyendo el *Istituto Politecnico* de Turín [FERRARESI, 1983].

De entre las distintas escuelas de ingeniería creadas, la que pronto adquirió una mayor importancia fue el *Istituto Tecnico* de Milán; contó con un patronato del que formaron parte bancos locales, empresarios industriales y la influyente Cámara de Comercio de Milán. Este apoyo le permitió contar con importantes fondos para la dotación instrumental de laboratorios y de los talleres de ingeniería mecánica y eléctrica, especialmente a partir de 1890 [ANÓNIMO, 1981].

A comienzos de la primera guerra mundial, el sistema de enseñanza técnica en Italia estaba bien consolidado, contando con siete centros superiores: el *Politecnico* de Turín, el *Istituto Tecnico* de Milán, y cinco *scuole di applicazione per ingegneri*, con más de cinco mil alumnos, cuatro veces más que los que había en los años ochenta.

En otros países europeos, la enseñanza técnica siguió caminos distintos, por lo general asociado a la mayor o menor industrialización. En Suecia, por ejemplo, a fines del primer tercio del siglo XIX comenzaron a funcionar dos centros importantes de enseñanza industrial: el Instituto Tecnológico de Estocolmo, creado en 1826, que posteriormente se transformaría en la Real Universidad Técnica (*Kungl. Tekniska Högskolan*, KTH), y el Instituto Chalmers de Göteborg, fundado en 1829 gracias al mecenazgo de W. Chalmers. Hacia 1850 ya habían salido 720 ingenieros de dichos centros, y en 1880 la cifra se había doblado [AHLSTRÓM, 1993].

En Suiza, cuya industrialización está ligada a la mecánica de precisión y a la química fina y farmacéutica, también se crearon centros específicos, el más conocido de los cuales fue el *Polytechnicum* de Zurich, fundado en 1855, que pronto alcanzó un excelente prestigio, atrayendo a estudiantes de otros países. También en el Imperio austriaco se crearon centros de estas características

desde mediados del siglo XIX, especialmente en aquellos lugares donde llegó antes el impulso industrializador (Viena, Praga).

Situación distinta la presentó Portugal, país poco industrializado, donde sin embargo funcionó en la segunda mitad del siglo XIX el Instituto Industrial y Comercial de Lisboa, con ciertas similitudes al Real Instituto Industrial de Madrid; sólo hasta 1911 no verá la luz un centro más específico: el Instituto Superior Técnico lisboeta. Una situación parecida se dio en Grecia, donde en 1887 se creó la Escuela de Artes Industriales de Atenas, para la formación de ingenieros y técnicos medios.

3. La situación de la enseñanza industrial en España desde el siglo XVIII hasta 1850

Sobre la historia de la tecnología en España ha aparecido recientemente una obra bastante extensa, escrita por diversos especialistas, en la que se abordan de forma temática los diferentes aspectos de la actividad industrial en España, considerada por sectores [AYALA, 2001]. La obra, muy bien editada, no trata sin embargo de forma específica el problema de la formación del capital humano industrial mediante los diversos mecanismos que se utilizaron a partir de la Revolución Industrial.

En el primer tercio del siglo XVIII las actividades industriales en España eran fundamentalmente artesanales, predominando los pequeños talleres, dentro de una estructura gremial. El pequeño tamaño de los talleres gremiales — muchos de ellos de carácter familiar— y sus limitados recursos, unido a una mentalidad poco abierta a los cambios, hacía prácticamente imposible que pudieran adquirir máquinas costosas que simplificaran el trabajo y abarataran los precios, permitiéndoles pasar a una economía de mayor escala, que les hubiera abierto la posibilidad de vender sus productos fuera de la comarca en la que radicaban.

Sin embargo, la Junta de Comercio tenía otras ideas respecto a la industria. Uno de sus miembros, Ustáriz, publicó en 1729 una obra titulada *Theorica y práctica de Comercio y de Marina*, que vio numerosas ediciones. En ella se difundían las ideas colbertistas, con un carácter marcadamente proteccionista; proponía renovar las industrias renovando los métodos y las maquinarias, importándolas de otros países si era necesario: también defendía la contratación de técnicos extranjeros que difundieran las nuevas tecnologías, entonces basa-

das en el uso de las fuerzas hidráulica, eólica y animal. Además, propugnaba la creación de fábricas reales y el fomento de la marina mercante nacional.

La obra de Ustáriz fue la guía de la actuación de la Junta Central de Comercio durante el siglo XVIII, especialmente durante el reinado de los primeros Borbones. Se crearon las reales fábricas de Guadalajara, San Fernando y Brihuega, y se pusieron bajo la dirección del Estado las manufacturas de textiles y objetos de lujo de Valencia, Talavera, Ezcaray, Segovia, La Granja, Sevilla, Granada, etc. También creó en Sevilla la Real Fábrica de Tabacos, en un inmenso edificio de 20.000 metros cuadrados de planta. En las fábricas reales se establecieron centros de enseñanza profesional, los denominados talleres-escuelas, donde, con ciertas similitudes con la enseñanza gremial, se les daba a los alumnos los conocimientos necesarios para ejercer su actividad en dichas fábricas.

Como complemento a estas industrias y a estas enseñanzas se fomentó la creación de escuelas de hilazas en lugares próximos a las factorías textiles; estas escuelas tenían como misión la explicación de los nuevos procedimientos, como el torno de Vaucanson, utilizados en las primeras etapas del proceso textil, etapas que podían ser realizadas en pequeñas instalaciones de ámbito doméstico, fomentando de esta forma una industria *popular* conectada a los centros manufactureros. Las Sociedades Económicas de Amigos del País serían en el último tercio del siglo XVIII las más interesadas en la difusión de este tipo de enseñanzas.

Una medida importante fue el establecimiento de los Consulados en 1784, organismos que se superponían con las Juntas de Comercio que existían ya en algunas ciudades. Los Consulados, creados en las ciudades habilitadas para el comercio indiano, vieron la luz entre 1784 y 1800, y tenían como misión principal la de resolver pleitos y cuestiones de forma rápida, al margen de la lenta justicia ordinaria, pero a estas funciones básicas había que añadir otras: fomento de la navegación, protección a la industria, reforma de los gremios y creación de centros docentes especiales para la enseñanza de la agricultura, industria, náutica y comercio [FERNÁNDEZ DÍAZ, 1980; GRANA, 1989, 1995a y 1995b].

En general, los estudios generales más importantes sobre la educación técnica en el tránsito del Antiguo Régimen al Estado liberal han sido realizados por Agustín Escolano [ESCOLANO, 1988a, 1988b, 1995]. También es interesante el libro escrito por Viñao [VIÑAO, 1982], referido a la educación en general, con especial énfasis en la enseñanza primaria.

3.1. *Las sociedades económicas y su labor educativa*

Las sociedades económicas de amigos del país proliferaron en España durante la Ilustración, a partir de la fundación de la primera de ellas, la Vascongada, organizada en 1764 bajo la inspiración del conde de Peñaflorida, y autorizada al año siguiente. La aparición de estas asociaciones coincide o sigue al de otras similares en diversos lugares de Europa, con el decidido propósito de mejorar la economía en general y la agricultura en particular. Como antecedente español se ha citado la aparición de la Regia Sociedad de Medicina y demás ciencias de Sevilla, fundada en 1700, y en la que se agrupaban médicos influidos por el movimiento novator. En la primera mitad del XVIII habían visto la luz otras asociaciones, como la Real Academia de Ciencias de Barcelona, la Academia de Medicina de Madrid y las denominadas tertulias de Azcoitia, lugares donde se celebraban reuniones, se presentaban memorias científicas o culturales y —como en el caso de la Regia Sociedad sevillana— se trataba de suplir la deficiente enseñanza médica que se impartía en la Universidad. En conjunto, la aparición de las sociedades económicas en España es un fenómeno, por tanto, típico del movimiento ilustrado, y cuya proliferación fue, en cierto modo, alentada por la Corona, al menos en la época de Carlos III. Las sociedades económicas se constituyeron inicialmente a imitación de la Vascongada, aunque con características algo diferentes a causa de la distinta situación de la ciudad o región. La Sociedad Vascongada desplegó una intensa actividad en sus diferentes secciones. Un aspecto especialmente destacado fue el de la enseñanza. Promovió la fundación de escuelas y el aprendizaje correcto de la lengua castellana, y envió becarios a diversos países europeos para conocer las nuevas técnicas industriales; contrató, por otra parte, a profesionales tan prestigiosos como Proust, Chavaneaux y los hermanos Elhuyar [GAGO, 1978 y 1994]. Creó además en 1776 el Seminario de Vergara, como colegio avanzado, en el que destacaba el estudio de matemáticas, física, ciencias naturales y agricultura.

Entre 1765 y 1774 sólo se crearon otras dos sociedades, las de Baeza y Tudela. Sin embargo, la acción del Gobierno en 1774 fue decisiva. En noviembre de ese año se difundió el *Discurso* de Campomanes, y una circular en la que se instaba a las fuerzas vivas urbanas a formas dichas sociedades, a imitación de la Vascongada. Entre 1775 y 1786 se crearon 45 sociedades. La Sociedad Económica Matritense fue aprobada en junio de 1775, con una organización que estaba destinada a servir de modelos a las siguientes; los estatutos de la Matritense, que pronto trató de liderar y coordinar al conjunto de

las restantes sociedades, contemplaban el fomento activo de la industria y la agricultura, ofreciendo premios para estimular las mejoras agrarias, y creando y manteniendo escuelas industriales y de artes y oficios. Las sociedades que vieron la luz después de 1775 se inspiraron básicamente en la de Madrid, aunque las iniciativas de ésta iban claramente a remolque de las que en años anteriores se habían realizado en la Sociedad Vascongada.

Sobre las sociedades económicas y sus actividades educativas y de fomento de la agricultura y la industria popular se han publicado numerosos estudios en el último cuarto de siglo, unos de carácter general [ENCISO, 1992; FERNÁNDEZ PÉREZ, 1988, DEMERSON, 1977] sin olvidar los ya clásicos de Ramón Carande [CARANDE, 1969] y de González de Linares [RUIZ GONZÁLEZ DE LINARES, 1972], y otros de carácter monográfico dedicados a las sociedades establecidas en Madrid [CILLÁN, 1995], Aragón [FORNIÉS, 1978], Valencia [ALEIXANDRE, 1983], Sevilla [CALDERÓN, 1993], Santiago [FERNÁNDEZ CASANOVA, 1979], Cádiz [MARTÍN FERRERO, 1988], etc.

3.2. Las escuelas y cátedras de la Junta de Comercio de Barcelona

En el siglo XVIII la actividad económica de la Cataluña costera llegó a ser notoriamente importante, en gran medida motivado por la reglamentación de libre comercio que existía desde 1778 con las colonias americanas. En cambio, los estudios universitarios existentes estaban concentrados en Cervera, en la Cataluña interior, entonces una zona económicamente deprimida.

En 1758 se creó en Barcelona la Junta de Comercio, dependiente de la Junta Central de Comercio. Este tipo de organismos ilustrados florecieron en muchas ciudades españolas en la segunda mitad del siglo XVIII. Su misión básica era la de regular la actividad comercial, aunque sus competencias se extendían también al campo industrial, con la creación de manufacturas privilegiadas, aprobación de reglamentos internos, ordenanza de gremios y resolución de conflictos mediante unos tribunales propios (los Consulados). La financiación de la Junta de Barcelona se realizaba, en la línea del Antiguo Régimen, mediante un impuesto (derecho de periaje) sobre los géneros entrados en la Aduana de la ciudad.

Sin entrar en la consideración de las actividades mercantiles realizadas por la Junta de Comercio barcelonesa, posiblemente su faceta más atractiva fue, el establecimiento de un sistema docente de carácter aplicado, en el cual se crearon una serie de enseñanzas de especial utilidad práctica. Estos estudios, denominados

habitualmente escuelas o cátedras, y cuya extensión y características fueron muy variables, abarcaron desde la náutica al comercio y han sido estudiados globalmente hace unos años [MONÉS, 1987].

Lógicamente, la importancia de estas enseñanzas fue muy desigual. La Escuela de Náutica, primera de las creadas, alcanzó un éxito apreciable a causa de la importancia del tráfico marítimo en Cataluña; entre 1769 y 1796 tuvo casi quinientos alumnos, la mayoría de los cuales ingresaron en la marina mercante como patronos o pilotos. Su primer director fue Sinibaldo de Mas (entre 1769 y 1805), marino mercante excesivamente práctico. La Escuela celebraba con regularidad exámenes públicos, donde los alumnos hacían demostraciones prácticas de los conocimientos adquiridos en matemáticas, geografía y maniobra de buques. Sinibaldo de Más se preocupó también de que los alumnos realizaran el diseño de puertos y costas; en las clases de dibujo fue auxiliado por los hermanos Francisco y Manuel Tramulles [ARROYO, 1989]. En 1805 le sucedió Fray Agustín Canella, que le dio un mayor carácter científico, desarrollando especialmente los estudios de Cosmografía, basados ya en las ideas copernicanas [LÓPEZ PIÑERO, 1983, vol. I, pp. 164-165].

A partir de los primeros años del XIX la actividad educativa de la Junta se diversificó; además de las escuelas de Náutica, Nobles Artes y Comercio (ésta creada en 1787), surgieron otras enseñanzas más vinculadas al mundo científico, aunque sin perder su orientación aplicada. Especialmente importante fue la Escuela de Química, que comprendía la cátedra y el laboratorio, y que fue dirigida en su primera época por Francisco Carbonell. Una trayectoria parecida tuvo la Escuela de Física Aplicada a las Artes, de la que se encargó Pere Vieta, formado en los centros de la Junta, y que posteriormente sería profesor en la Universidad de Barcelona. La cátedra cambió de nombre en 1837, denominándose de Física Aplicada a la Industria, para distinguirla de la cátedra de Física Experimental creada en esas fechas en la Universidad de Barcelona.

Otra institución docente creada por la Junta de Comercio —en 1819— fue la Escuela de Matemáticas, al estimar necesario el conocimiento de esta disciplina para el estudio de las otras materias que impartían las diferentes cátedras y escuelas. Para desempeñar estas enseñanzas se contrató al profesor Onofre Novella, que ya impartía docencia en la Escuela Náutica. Novella estaría a cargo de estas enseñanzas hasta su fallecimiento en 1849, sustituyéndole a continuación sus hijos Tomás y Alejandro Novella, hasta 1851, momento en el cual las enseñanzas quedarían absorbidas por la nueva Escuela Industrial. La

Escuela de Matemáticas tuvo un buen nivel, con una aceptable asistencia de alumnos [BARCA, 1996].

En el caso concreto de la enseñanza industrial de carácter práctico, las dos creaciones fundamentales de la Junta de Comercio fueron: el Gabinete de Máquinas y la Escuela de Mecánica [AGUSTÍ, 1980 y 1983; PUIG-PLÁ, 1996]. El Gabinete, organizado a partir de 1804, fue confiado al cerrajero de la Lonja Cayetano Faralt, miembro asimismo de la Academia de Ciencias Naturales. Estuvo pensionado por la Junta para estudiar en Madrid el Gabinete de Máquinas del Buen Retiro, comenzando a su regreso la organización del Gabinete barcelonés, en el cual se exponían y explicaban a los interesados modelos de máquinas y dispositivos mecánicos e hidráulicos, de las que podían sacar las copias que necesitaban.

Cuatro años más tarde se iniciaron las actividades de la Escuela de Mecánica, denominada oficialmente como Cátedra de Estática e Hidrostática, confiada a Francisco Santponç i Roca. Santponç era médico y aficionado a la mecánica, ciencia en la que fue introducido por Francisco Salvá Campillo (1781-1828). Entre 1804 y 1806, a petición del industrial Jacinto Ramón, construyó tres máquinas de vapor, en cuya fabricación habían fracasado diferentes artesanos de la ciudad. Santponç se dio cuenta que para la construcción de tales máquinas se requerían una serie de conocimientos teóricos que no estaban al alcance de los artesanos metalúrgicos catalanes. Con objeto de aportar estos conocimientos imprescindibles, la Junta decidió la creación de la citada Cátedra de Estática e Hidrostática, que comenzó su andadura en 1808. Una media de cuarenta alumnos asistió cada año a las clases de la Escuela, hasta el fallecimiento de Santponç en 1821. Éste introdujo en las enseñanzas el llamado *método tecnográfico*, desarrollado en la *École Polytechnique* de París, basado en el empleo de cuadros sinópticos.

Tras la muerte de Santponç, la Junta confió las enseñanzas, con un mayor carácter descriptivo, a Cayetano Faralt. Tras el fallecimiento de Faralt en 1828, se decidió buscar un nuevo profesor para las enseñanzas, englobando al Gabinete; el designado fue Hilarión Bordeje, que tenía importantes conocimientos teóricos y de carácter práctico. La Escuela de Maquinaria proyectada preveía unas enseñanzas profesionales siguiendo el modelo francés de las *écoles d'arts et métiers*, combinando las clases teóricas de matemáticas y dibujo industrial con las de carácter práctico, en la cual se construían las piezas y máquinas previamente diseñadas. La cátedra de Maquinaria no llegó a alcanzar los

objetivos propuestos, por falta de un taller adecuado y por las limitaciones que la orientación preliberal del Gobierno iba imponiendo en la enseñanza. En el caso de la Escuela barcelonesa llegó a imponer que se siguieran las clases por la obra de Dupin, y que el nivel de las enseñanzas fuera de carácter más elemental. En 1851, al crearse la Escuela Industrial, Bordejé y la cátedra de Maquinaria quedaron englobados en el nuevo centro.

3.3. *La Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*

Este organismo tuvo su origen en la denominada *Conferencia de Física*, constituida en 1764 en Barcelona por un grupo de personas que habían sido discípulos del jesuita Tomás Cerdá, profesor real del Colegio de Nobles de Cordelles. La Conferencia fue en sus comienzos realmente una típica tertulia ilustrada, que se fue consolidando con el tiempo y llegó a contar con local propio, adquiriendo y construyendo máquinas para realizar experiencias físicas. Tuvo como propósito el estudio de las ciencias naturales y artes útiles, para lo cual se dividió en varias secciones (álgebra y geometría; estática, hidrostática y meteorología; electricidad y magnetismo; óptica; neumática y acústica; historia natural y botánica, y química); luego se le añadió la de agricultura. La Academia creó una cátedra de matemáticas, que se unificó con la ya existente en el Colegio de Cordelles, y que fue ocupada por Francisco Bell. En 1803 creó una cátedra gratuita de cosmografía, que ocupó Agustín Canellas. Más tarde, la cátedra de matemáticas se dividió en dos cátedras independientes, de las que se ocuparon Agustín Canellas e Isidro Gallarda. La Academia estuvo cerrada entre 1824 y 1833 por su apoyo a los liberales. Se reabrió en 1835, ampliando su campo docente, ya que a las cátedras de matemáticas se añadieron otras de astronomía, geografía y cronología, geometría aplicada a las artes, mecánica teórica, zoología y taxidermia, mineralogía y geología, explotación de minas, arquitectura, geometría descriptiva, economía industrial, *ideología* y física; ésta última, a cargo del canónigo Juan Zafont. El nivel de las enseñanzas fue aumentando con los años, como lo prueban los contenidos de las clases y los exámenes verificados.

Las clases de la Academia, que tenían una aceptable asistencia, presentaron una importante decadencia a partir de 1851, con la creación de la Escuela Industrial en Barcelona, que absorbió a sus potenciales alumnos, y terminaron desapareciendo hacia 1870 [BARCA, 1992; MONTANUY, 1993; NIETO, 2000].

3.4. *El Real Gabinete de Máquinas y el Conservatorio de Artes*

El Real Gabinete de Máquinas y su heredero el Conservatorio de Artes han sido objeto de diversos trabajos. El Real Gabinete fue una institución creada por el Gobierno para no quedar descolgado de los progresos técnicos que se desarrollaban en Europa desde el último tercio del siglo XVIII, y tiene un origen claramente francés, ya que en su organización intervinieron los pensionados por el Gobierno español en la afamada *École des Ponts et Chaussées* de París, los cuales formaron una amplia colección de lámina y maquetas de láminas y dispositivos, que quedaron instalados en el Palacio del Buen Retiro, siendo Agustín de Bethencourt el primer director. Se ha publicado hace unos años en edición facsímil en catálogo de dicho Gabinete [LÓPEZ DE PEÑALVER, edición facsímil de 1991]. Los avatares políticos y militares que se sucedieron en años posteriores hicieron que el Gabinete no tuviera actividad y que se perdiera una parte de sus fondos [RUMEU DE ARMAS, 1990]. En 1810, durante el reinado de José I, se creó en Madrid un primer Conservatorio de Artes, que fue dirigido por José María Lanz y que tuvo una vida fugaz por los difíciles momentos que se vivían [GUEREÑA, 1990]. Años más tardes, en 1824, por iniciativa de López Ballesteros, se creó en Madrid un segundo Real Conservatorio de Artes, con el objetivo de proporcionar instrucción práctica a los obreros, perfeccionar las operaciones fabriles, fomentar la invención de nuevos instrumentos y resolver consultas sobre los procesos industriales; su primer director fue Juan López de Peñalver [RUMEU DE ARMAS, 1980]. El Conservatorio fue reformado en 1832-33, estableciéndose un plan sistemático de enseñanza, que comprendía tres modalidades: una nocturna dedicada a obreros y artesanos, otra de carácter general de mayor nivel, y una tercera, denominada *especial*, que se extendía a lo largo de dos años y que tenía por objeto dar una formación especializada en un determinado campo de carácter aplicado (algo equivalente a lo que mucho más tarde se denominarían estudios de peritaje) [RAMÓN TEIJELO, 2003]. Al mismo tiempo, el Conservatorio extendió sus actividades a otras ciudades, donde se crearon cátedras (generalmente de Matemáticas/Mecánica y de Química), con el apoyo de las sociedades económicas o, en el caso de Málaga, de la Junta de Comercio de la ciudad. La actividad de dichas cátedras fue muy variable. Se han realizado estudios sobre las creadas en Badajoz [SÁNCHEZ PASCUA, 1984], Málaga [GRANA, 1995b y 1997], Valencia [CANO PAVÓN, 2001a], CÁDIZ [JIMÉNEZ GÁMEZ, 1991; CANO, 2000a] y GRANADA [CANO, 2003b]. También hubo cierta actividad docente en Alcoy, pero al margen del Conservatorio, ya que las enseñanzas fueron establecidas por la Real Fábrica de Paños de la ciudad [BLANES, 1998].

4. Las Escuelas Industriales isabelinas (1850-1868)

La vida de las escuelas industriales creadas a partir de 1850 —en tres niveles: elemental, medio y superior— fue bastante azarosa: su normativa y funcionamiento experimentaron cambios continuos y pendulares que no lograron consolidarlas; esto, unido a las estrecheces económicas (mal endémico de los centros docentes españoles) y a otras causas, trajeron como consecuencia que en 1867 hubieran desaparecido todas las escuelas, salvo la de Barcelona y la pequeña de nivel elemental existente en Alcoy. La Escuela de Barcelona, transformada con anterioridad en centro superior, sería el único centro para la formación de ingenieros industriales en España hasta la creación de la Escuela de Bilbao en 1899.

Los primeros datos sobre estos centros fueron publicados en 1961 por Alonso Viguera, en su libro sobre los diferentes aspectos de la ingeniería industrial española decimonónica [ALONSO VIGUERA, 1961]. Un enfoque algo diferente, aunque más actualizado, tiene el estudio realizado por Riera Tuebols [RIERA, 1993]. La Escuela de Barcelona fue estudiada parcialmente por Garrabou en un interesante libro referido a determinados aspectos de la burguesía y la industrialización catalana [GARRABOU, 1982], y con posterioridad Guillermo Lusa Monforte y colaboradores del *Centre de Recerca per a la Historia de la Tècnica Francesc Santponç i Roca*, que funciona en la Universidad Politécnica de Cataluña, han publicado varios estudios parciales y documentos variados correspondientes a dicha Escuela [LUSA, 1995; 1996; 1997]. En los últimos tiempos han aparecido diversos trabajos sobre el Real Instituto Industrial [CANO, 1998 y 2003a] y sobre las escuelas industriales de Barcelona [PUERTA, 2002], Sevilla [CANO, 1993; 1996a; 1996b], Valencia [CANO, 1997; 2001a], Vergara [CABALLER, 1997 y 2001; CANO, 2000b], Gijón [CANO, 1999], Cádiz [CANO, 2000a], Málaga [GRANA, 1997], Alcoy [BLANES, 2000] y Béjar [CANO, 2001b], en forma de artículos y libros. Dos estudios globales sobre estos centros y su significación en la búsqueda del capital humano industrial ha visto la luz muy recientemente [CANO, 2001c; 2001d], al mismo tiempo que una breve síntesis histórica sobre la significación de estas escuelas [CANO, 2002]. También se ha publicado un artículo sobre el informe realizado en 1861 por el catedrático Agustín Monreal, en el que se compara la situación de las escuelas industriales españolas con las europeas [CANO, 2000c]. Y recientemente se ha realizado un estudio sobre la enseñanza de la Física en estas escuelas industriales [CANO y LÓPEZ-CEPERO,

2003]. La docencia de las Matemáticas en el conjunto de las escuelas de ingenieros civiles han sido asimismo analizadas [MARTÍNEZ GARCÍA, 1999]. En cuanto a los profesores, es interesante el estudio publicado sobre la figura del ingeniero Ramón de Manjarrés, que fue director de las escuelas industriales de Sevilla y Barcelona [BARCA y LUSA, 1995].

Las escuelas industriales isabelinas tuvieron una vida breve y azarosa, sujetas a reformas continuas. Empezaron a ver la luz a partir del decreto fundacional del ministro Seijas Lozano de septiembre de 1850, y fueron reformadas por el plan de Luxán de 1855. En el periodo 1851 a 1859/60 la enseñanza industrial tenía una estructura piramidal; el nivel elemental se impartía en las escuelas de Málaga, Alcoy, Béjar y Bilbao; el nivel medio se daba en las escuelas de Barcelona, Sevilla, Vergara, Valencia y Gijón (éstas últimas empezaron tarde a impartir este nivel, a mitad de la década de los cincuenta), en las que también se daba el nivel elemental; por último, en el vértice de la pirámide estaba el Real Instituto Industrial de Madrid, que daba el nivel superior y los otros dos, así como clases nocturnas para obreros que dependían del Conservatorio de Artes, el cual había quedado integrado en el organigrama del Real Instituto.

La situación de las distintas escuelas era muy diferente, pero en general predominaba la escasez de medios; aunque los gabinetes de física y los laboratorios de química de varias de ellas estaban aceptablemente equipados, apenas había talleres. Los horarios de clases no muestran horas específicas para prácticas (salvo en dibujo), que posiblemente eran sustituidas por demostraciones de cátedra, y tampoco parece probable que se realizaran sistemáticamente visitas a fábricas (al menos no constan en los informes anuales). En general, dominaba en las escuelas el carácter teórico sobre el práctico y aplicado.

La mayoría de las escuelas se ubicaban en conventos desamortizados, que no reunían buenas condiciones para la enseñanza, a pesar de las obras realizadas; así, el Real Instituto Industrial estaba situado en el piso bajo del ex-convento de la Trinidad, compartiendo edificio con el Ministerio de Fomento; la Escuela de Barcelona se ubicaba en el ex-convento de San Sebastián, y la de Sevilla en el ex-convento de San Pedro de Alcántara; la Escuela de Valencia conoció dos sedes: el Colegio Reunido, del cual fue desalojada por el Ejército en 1856, y la Casa de Enseñanza; la de Málaga estaba instalada, junto con el Instituto, en el ex-convento de San Felipe Neri. Las escuelas de Béjar y Alcoy se hallaban ubicadas en locales alquilados o cedidos, con no muy buenas cualidades para la función que realizaban. En cambio, las escuelas de Gijón y

Vergara disfrutaban de locales más idóneos; la primera se hallaba en el edificio del Real Instituto Asturiano, y la segunda en el local del Seminario de Vergara, en el que se hicieron importantes obras de mejora. En cuanto a medios materiales, los del Real Instituto eran posiblemente los mejores, ya que habían heredado los que ya poseía el Conservatorio de Artes; la Escuela de Barcelona estaba también bien equipada, pues heredó asimismo el material de las cátedras de la Junta de Comercio de la ciudad. La Escuela de Valencia había dispuesto también del material acumulado durante varios años en las cátedras del Conservatorio de Artes. En cambio, la de Sevilla tuvo que partir prácticamente de cero, y el montaje de los gabinetes requirió inversiones importantes, gestionadas por su infatigable director, Germán Losada. Las escuelas de Alcoy y Málaga heredaron gran parte del material de establecimientos anteriores existentes en dichas ciudades. La Escuela de Bilbao compartía el material con el Instituto Vizcaíno, del que formaba parte. La Escuela de Béjar tenía un material muy escaso, siendo la mayoría de sus alumnos obreros de las industrias textiles de la ciudad, que sólo acudían en horario nocturno.

A partir de 1859/60, la situación cambió, como consecuencia de la aplicación de la ley Moyano y disposiciones complementarias. El Estado comenzó a disminuir su contribución económica, pasando las responsabilidades a ayuntamientos y diputaciones. Las escuelas de Vergara y Gijón, que tenían que transformarse en superiores, no pudieron conseguir los apoyos necesarios y cerraron sus puertas. Las escuelas de Béjar y Alcoy, situadas en localidades en las que no había instituto, consiguieron mantenerse con muchas dificultades; eran centros de bajo presupuesto (menos de 50.000 reales/año). Las escuelas de Valencia y Sevilla tuvieron un cierto apoyo al principio, más intenso en el caso de Sevilla, porque el Ayuntamiento de Valencia siempre se mostró remiso a afrontar los gastos que le correspondieron; ambas pudieron adaptarse al nivel superior, aunque con ciertas dificultades.

Sin embargo, la situación no estaba clara; había una corriente de opinión en contra de la estructura de las escuelas industriales, y desde diferentes sectores se pedía la reforma radical de estos centros. Una opinión extendida era que había que recuperar la enseñanza obrera; de ahí que se crearan a partir de 1863 clases nocturnas para obreros en las escuelas de Valencia y Sevilla. Menudearon los proyectos de reforma y los escritos contra la situación de las escuelas. Al mismo tiempo, se había producido un descenso radical del número de alumnos, salvo en Barcelona, cuyas causas pueden buscarse en la dificultad intrínseca de la carrera industrial, en la exigencia (sólo cumplimentada en Madrid) de hacer

los cursos previos en las facultades de Ciencias, en la inexistencia de un cuerpo oficial de ingenieros como existían en otras ramas de la ingeniería, en la insuficiencia de la demanda privada y en la fuerte competencia de los ingenieros y técnicos extranjeros en ferrocarriles y en explotaciones industriales en manos de capital foráneo. La baja matrícula fue la excusa que los ayuntamientos y diputaciones ofrecieron para dejar de financiar a las escuelas; a esto se unió la política estatal de recortes presupuestarios. De ahí los cierres de las escuelas de Valencia (1865) y Sevilla (1866). Más sorprendente fue el cierre del Real Instituto Industrial en 1867, justificado por el ministro (Orovio) en la baja matriculación y en la necesidad de hacer recortes presupuestarios, todo ello dentro del contexto de una situación política que hacía que las cosas no se proyectaran con una cierta visión de futuro; el Régimen isabelino, con los días contados, se limitaba a sobrevivir.

En resumen, la creación de las escuelas industriales en 1850 parece responder al deseo del Estado liberal de coordinar la enseñanza técnica industrial, hasta entonces en manos del Conservatorio de Artes y de las sociedades económicas y juntas de comercio. La búsqueda del capital humano para el proceso de industrialización, cuya realidad debía percibirse, fue asumido por las autoridades gubernamentales; esta necesidad hizo que la enseñanza industrial, en sus siete primeros años, fuera gratuita. El Estado aportó importantes —pero no suficientes— recursos a los nuevos centros y, con la legislación de 1855, trató de mejorar el sistema. A partir de 1857 hay un viraje radical, en el que posiblemente por motivos económicos, se desmonta la estructura docente, se trata de vincular la enseñanza especial con la general y universitaria, se traspasa a los institutos el nivel elemental y se refunden los niveles medio y superior, pasando gran parte de los costes a las provincias y ayuntamientos. No se establece una normativa precisa sobre las atribuciones profesionales de los titulados industriales, que tenían que soportar la fuerte competencia de los técnicos extranjeros. Se puede hablar por tanto de un fracaso de la enseñanza industrial española, no necesariamente vinculable al tan debatido fracaso industrial apuntado por Jordi Nadal en 1975. En todo caso, este fracaso si estaría asociado a la débil alfabetización del país, que presentaba una tasa de analfabetismo del 75%, así como a las preferencias de la población, especialmente de la clase media, que deseaba para sus vástagos profesiones tradicionales con mejores perspectivas económicas.

El comportamiento del Estado español en la formación del capital humano industrial es atípico y excepcional en Europa Occidental. La situación de la ense-

ñanza industrial en España se enmarca dentro del continuo tejer y destejer educativo, que caracteriza el siglo XIX. El colonialismo económico en ferrocarriles, minería y en ciertas industrias y servicios, sería un factor decisivo, por cuanto las empresas extranjeras trajeron su tecnología y su personal especializado.

Al terminar el segundo tercio del siglo XIX, en España, a pesar del esfuerzo realizado, no se había conseguido crear un capital humano industrial autóctono, ni cualitativa ni cuantitativamente, y además se habían ahondado las diferencias existentes con Francia y otros países europeos. La desaparición, salvo en Barcelona, de la enseñanza industrial superior, provocó una permanente debilidad del capital humano español cualificado y acentuó el atraso tecnológico y la dependencia científica en patentes y en bibliografía [ORTIZ VILLAJOS, 1999].

5. La enseñanza industrial en España a partir del último tercio del siglo XIX

A partir del Sexenio revolucionario las enseñanzas industriales en España experimentaron un cambio de rumbo. Quizás consciente de la difícil competencia con los ingenieros extranjeros, los diferentes gobiernos fomentaron la creación de las escuelas de artes y oficios para la formación profesional de los obreros. En 1886 se estableció la legislación básica de estos centros, pero con anterioridad existieron diversas escuelas de artes y oficios, como la creada durante el Sexenio en el seno del Conservatorio de Artes, o la denominada Escuela de Artesanos de Valencia que vio la luz en 1868.

Sobre estos centros ha aparecido en los últimos años una abundante bibliografía. Dentro de los estudios generales pueden citarse la tesis inédita de Díez Benito [DÍEZ BENITO, 1979] y el capítulo publicado por Hernández Díaz en un libro colectivo [HERNÁNDEZ DÍAZ, 1989], existiendo luego una serie de estudios monográficos sobre las escuelas de artes y oficios de diversos lugares: Barcelona [ALBERDI, 1980], Bilbao [PACHO, 1997], Sevilla [MONTERO, 1988], Valencia [LÓPEZ TORRIJOS, 1984; PIQUERAS, 1988], Vitoria [ALOY, 1986], Olot [MURLA, 1981], Toledo [MUÑOZ BARRAGÁN, 1992], País Vasco [DÁVILA, 1999; ALOY, 1987a, 1987b, 1987c], Santiago de Compostela [SOUSA, 1988; PEREIRA, 1989], Orense [PASCUAL, 1996], Vigo [HERVADA, 1995], Ferrol [PIÑEIRO, 1994], Salamanca [HERNÁNDEZ DÍAZ, 1992], Alcoy [BLANES *et al.*, 2001, 2003], etc. El nivel de estos centros era variable, pero en todo caso inferior al de las *écoles d'arts et métiers* francesas.

Sobre los centros de nivel medio y superior en este periodo existen menos datos. Con motivo del sesquicentenario de los estudios industriales en España se ha publicado un libro que contiene un breve resumen histórico de las escuelas de ingeniería industrial superior y de ingeniería técnica industrial [REBOTO, 2000]. También es interesante el libro editado por Puerta Sales sobre la Escuela Industrial de Barcelona, donde la parte histórica ha sido desarrollada por Lusa y Barca y comprende desde su creación hasta la actualidad [PUERTA SALES, 2002]. También es importante el trabajo de Lusa sobre el traslado al edificio de la Universidad [LUSA, 1998]. Sobre la Escuela Industrial de Cartagena, creada en 1901 como centro de nivel medio, ha aparecido un detallado estudio hace unos años [DIÉGUEZ, 1990], y hace menos tiempo otro, aunque con un carácter más anecdótico, dedicado a la Escuela de Peritos Industriales de Málaga [PORTILLO, 1998].

Es interesante asimismo el estudio realizado por Lusa sobre la fugaz Escuela Preparatoria de Ingenieros y Arquitectos, que funcionó en Madrid entre 1886 y 1892, especie de Escuela Politécnica a la española, que no llegó a consolidarse por las presiones de diferentes colectivos que veían en este centro un molesto competidor [LUSA, 1999].

6. Conclusión

De todo lo expuesto puede afirmarse que en los últimos 25 años ha aparecido una importante bibliografía sobre la enseñanza industrial en España y en Europa Occidental y su contribución a la formación del capital humano industrial en sus diferentes niveles. En el caso de España, la bibliografía es muy abundante, especialmente desde fines del siglo XVIII hasta los primeros años del siglo XX, aunque con un predominio de los estudios locales sobre los generales. Con estos trabajos es fácil conocer el tema con detalle, con sus luces y sus sombras, y seguir el tortuoso desarrollo de la formación del capital humano industrial en España, bastante diferente al camino seguido en los países europeos industrializados.

En España, la política gubernativa, que sustituyó completamente a la iniciativa de los organismos locales a partir del mediados del siglo XIX, siguió diferentes tendencias: fomento de la enseñanza superior y media durante la mayor parte de la época isabelina y estímulo de la formación profesional obrera en el último tercio del siglo XIX, para terminar realizando un esfuerzo

importante en todos los niveles desde los albores del siglo XX, al calor de las ideas regeneracionistas.

En general, la consolidación de un capital humano industrial autóctono no llegó a conseguirse en España hasta muy avanzado el siglo XX, aunque faltan estudios detallados sobre esta cuestión. Esto fue debido en gran medida a la competencia de los técnicos extranjeros, cuya presencia era abundante en las compañías foráneas que controlaban sectores económicos claves, como la minería, los ferrocarriles y diversas industrias básicas, así como diferentes servicios en las grandes ciudades. Es de esperar que en los próximos años aparezcan investigaciones detalladas sobre estas cuestiones, hasta ahora poco consideradas por los historiadores.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUSTÍ, J. (1980) «L'Escola de Mecànica de la Junta de Comerç de Barcelona. En S. Garma (ed.) *El científico español ante su historia. La ciencia en España entre 1750-1850*. I Congreso de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y las Técnicas, Madrid, pp. 157-165.
- AGUSTÍ, J. (1983) *Ciencia i Tècnica a Catalunya en el segle XVIII o la introducció de la màquina de vapor*. Barcelona, Institut d'Estudis Catalans.
- AHLSTRÖM, G. (1993) «Technical education, engineering and industrial growth: Sweden in the nineteenth and early twentieth centuries». En: R. Fox y A. Guagnini *Education, technology and industrial performance in Europe (1850-1939)*. Cambridge, Cambridge University Press.
- ALBERDI, R. (1980) *La formación profesional en Barcelona. Política, pensamiento, instituciones (1875-1923)*. Barcelona, Editorial Don Bosco.
- ALEIXANDRE TENA, F. (1983) *La Real Sociedad Económica de Amigos del País de Valencia*. Valencia, Sociedad Económica Amigos del País.
- ALONSO VIGUERA, J.M. (1961) *La Ingeniería Industrial en España en el siglo XIX*. Madrid, Servicio de Publicaciones de la ETSII. Existe una edición facsímil editada por la Asociación de Ingenieros Industriales de Andalucía, Sevilla, 1993.
- ALOY RUIZ, M.M. (1986) «Escuela de Artes y Oficios de Vitoria». *Profesiones y empresas. Revista de educación tecnológica y profesional*,(3), 6-10.
- ALOY RUIZ, M.M. (1987a) *Historia de la formación profesional en el siglo XX en Guipúzcoa*. Leioa, Universidad del País Vasco.
- ALOY RUIZ, M.M. (1987b) *Historia de la formación profesional en el siglo XX en Vizcaya*. Leioa, Universidad del País Vasco.
- ALOY RUIZ, M.M. (1987c) *Historia de la formación profesional en el siglo XX en Álava*. Leioa, Universidad del País Vasco.
- ANÓNIMO (1981) *Il Politecnico di Milano: una scuola nella formazione della società industriale (1863-1914)*. Milano, Electa.

- ARROYO RUIZ-ZORRILLA, R. (1989) *Apunte para una historia de la enseñanza de Náutica en España*, Madrid, Ministerio de Transporte, Turismo y Comunicaciones.
- AYALA CARCEDO, F.J. (2001) *Historia de la Tecnología en España* (2 vols). Barcelona, Valatenea.
- BARCA SALOM, F.X. (1992) «La càtedra de Matemàtiques de la Reial Academie de Ciències i Arts de Barcelona (1766-1870)». En: V. Navarro *II Trobades d'Historia de la Ciència i de la Tècnica*. Barcelona, Societat Catalana d'Historia de la Ciència i de la Tècnica.
- BARCA SALOM, F.X. (1996) «L'Escola de Matemàtiques de la Junta de Comerç (1819-1850)». *Quaderns d'Historia de l'Enginyeria*, 1, 83-126.
- BARCA SALOM, F.X. y LUSA MONFORTE, G. (1995) «Ramón de Manjarrés i de Bofarull». En: J.M. Camarasa y A. Roca Rosell *Ciència i Tècnica als països catalans: una aproximació biogràfica*. Barcelona, Fundació Catalana per a la Recerca.
- BAUDET, J.C. (1993) «The training of engineers in Belgium (1830-1940)». En: Fox y Guagnini, *op.cit.*, 93-114.
- BAUDET, J.C. (1984) «Pour une histoire de la profession d'ingénieur en Belgique». *Technologia*, 7, 35-62.
- BERNAL, J.D. (1979) *Historia social de la ciencia*. Barcelona, Península.
- BLANES NADAL, G. y GARRIGÓS OLTRA, L. (2001) «Los inicios de la Escuela de Artes y Oficios de Alcoy (1887-1901). Análisis sociológico del alumnado». *Llull*, 24(49), 5-32.
- BLANES NADAL, G.; GARRIGÓS OLTRA, L. y SEBASTIÁ ALCARAZ, R. (1998) *Antecedents de l'Escola Industrial d'Alcoi. El Establecimiento Científico-Artístico de la Real Fábrica de Paños d'Alcoi*. Barcelona, Institut d'Estudis Catalans.
- BLANES NADAL, G.; GARRIGÓS OLTRA, L.; MILLÁN VERDÚ, C. y SEBASTIÁ ALCARAZ, R. (2000) *Orígenes de la enseñanza técnica en Alcoy*. Alicante, Instituto Alicantino de Cultura.
- BLANES NADAL, G.; MILLÁN VERDÚ, C. y SEBASTIÁ ALCARAZ, R. (2003) «El origen de la Escuela de Artes y Oficios de Alcoy, 1886-1888». *Quaderns d'Historia de l'Enginyeria*, 5, 115-130.
- BLANES NADAL, G.; GARRIGÓS OLTRA, L. y SEBASTIÁ ALCARAZ, R. (2003) «La Escuela de Artes y Oficios de Alcoy (1886-1901): algunas aportaciones a las biografías de sus primeros profesores». *Quaderns d'Historia de l'Enginyeria*, 5, 131-146.
- BRADLEY, M. y PERRIN, F. (1991) «Charles Dupin's study visits to the British Isles (1816-24)». *Technology and Culture*, 32, 47-68.
- CABALLER VIVES, M.C.; GARAIZAR AXPE, I. y PELLÓN GONZÁLEZ, I. (1997) «El Real Seminario Científico e Industrial de Vergara (1850-1860)». *Llull*, 20, 85-116.
- CALDERÓN ESPAÑA, M.C. (1993) *La Real Sociedad Económica de Amigos del País: su proyección educativa (1775-1900)*. Sevilla, Universidad.
- CALLOT, J.P., CAMUS, M., ESAMBERT, B. y BOUTTES, J. (1993) *Histoire et prospective de l'École Polytechnique*. París, Lavanzelle.

- CANO PAVÓN, J.M. (1993) *La Ciencia en Sevilla (siglos XVI-XX)*. Sevilla, Universidad.
- CANO PAVÓN, J.M. (1996a) «La enseñanza de la ingeniería industrial en España entre 1850 y 1868. La Escuela Industrial de Sevilla». *Llull*, 19, 27-49.
- CANO PAVÓN, J.M. (1996b) *La Escuela Industrial Sevillana (1850-1866)*. Historia de una experiencia frustrada. Sevilla, Universidad.
- CANO PAVÓN, J.M. (1997) «La Escuela Industrial de Valencia (1852-1865)». *Llull*, 20, 117-142.
- CANO PAVÓN, J.M. (1998) «El Real Instituto Industrial de Madrid (1850-1867): medios humanos y materiales». *Llull*, 21, 33-62.
- CANO PAVÓN, J.M. (1999) «La Escuela Especial (1854-55) y de Industria (1855-60) de Gijón». *Llull*, 22, 51-74.
- CANO PAVÓN, J.M. (2000a) «La Escuela Industrial, de Comercio y de Náutica de Cádiz (1851-1863)». *Llull*, 23, 5-36.
- CANO PAVÓN, J.M. (2000b) «La Escuela Industrial de Vergara (1848-1860)». *Historia de la Educación. Revista Interuniversitaria*, 19, 225-248.
- CANO PAVÓN, J.M. (2000c) «El informe de Agustín Monreal sobre la enseñanza industrial en España y Europa (1861)». *Quaderns d'Historia de l'Enginyeria*, 4, 95-117.
- CANO PAVÓN, J.M. (2001a) *La Escuela Industrial de Valencia (1852-1865) y sus antecedentes. La difícil formación de un capital humano*. Málaga, Imprenta Montes.
- CANO PAVÓN, J.M. (2001b) «Las dificultades de la enseñanza industrial obrera en la España isabelina: la Escuela Industrial de Béjar». *Llull*, 24, 315-346.
- CANO PAVÓN, J.M. (2001c) *Estado, enseñanza industrial y capital humano en la España Isabelina (1833-1868)*. Esfuerzos y fracasos. Málaga, Imprenta Montes.
- CANO PAVÓN, J.M. (2001d) «Estado y enseñanza industrial en la España isabelina (1844-1868)». En: L. Garrigós Oltra y G. Blanes Nadal *150 anys de la consolidació de l'ensenyament industrial a Alcoi*. Alicante, Universitat Politècnica de Valencia, 11-66.
- CANO PAVÓN, J.M. (2002) «Industrial engineering studies in Spain in the 19th century». En: M.C. Duffy *Engineering and engineers*. Turnhout (Belgium), Brepols Publishers, 107-116.
- CANO PAVÓN, J.M. (2003a) «The Royal Industrial Institute of Madrid (1850-1867). A Historical Overview». *Quaderns d'Historia de l'Enginyeria*, 5, 87-98.
- CANO PAVÓN, J.M. (2003b) «Las cátedras granadinas del Conservatorio de Artes». *Dynamis*, 23, 245-267.
- CANO PAVÓN, J.M. y LÓPEZ-CEPERO, J.M. (2003) «La Física en las escuelas industriales españolas en la época isabelina (1850-1868)». *Llull*, 25(54), 595-620.
- CARANDE, R. (1969) «El despotismo ilustrado de los Amigos del País». En: R. Carande *Siete estudios de Historia de España*. Barcelona, Ariel.
- CHARLE, C. y FERRÉ, R. (eds.) (1985) *Le personnel de l'enseignement supérieur en France au XIX et XX^e siècles*. París, CNRS.
- CILLÁN OTERO, F. (1995) «Orígenes y fundación de la Real Sociedad Económica de Amigos del País de Madrid». *Torre de los Lujanes*, 30, 75-91.

- CRONIN, B. (2001) *Technology, industrial conflict and the development of technical education in 19th Century England*. Aldershot, Ashgate Publishing Ltd.
- CIPOLLA, C.M. (ed.) (1982-83) *Historia económica de Europa (6 vols)*. Barcelona, Ariel.
- DÁVILA BALSERA, P. (1999) «Las escuelas de artes y oficios en el País Vasco (1879-1929)». *Historia de la Educación. Revista Interuniversitaria*, 18, 191-215.
- DAY, C.R. (1991) *Les Écoles d'Arts et Métiers: l'enseignement technique en France (XIXe-XXe siècle)*. París, Balin.
- DEMERSON, G. y DEMERSON, P. (1977) «La decadencia de las Reales Sociedades Económicas de Amigos del País». *Boletín del Centro de Estudios del siglo XVIII*, 4-5, 87-101. Oviedo.
- DIÉGUEZ GONZÁLEZ, A. (1990) *Historia de la Escuela Industrial de Cartagena a través de sus documentos*. Murcia, Universidad.
- DIEZ BENITO, J.J. (1979) *Las escuelas estatales de Artes y Oficios y la educación del obrero*. Tesis Doctoral. Madrid, Universidad Complutense.
- ENCISO RECIO, L.M. (1992) «Los cauces de penetración y difusión en la Península: los viajeros y las Sociedades Económicas de Amigos del País». En: M. Batllori et al., *Historia de España de Menéndez Pidal, XXX (La época de la Ilustración)*, Madrid, Espasa.
- ESCOLANO BENITO, A. (1988a) *Educación y economía en la España Ilustrada*. Madrid, Ministerio de Educación y Ciencia.
- ESCOLANO BENITO, A. (1988b) «Economía y educación técnica en la Ilustración española». *Revista de Educación*, pp. 373-391.
- ESCOLANO BENITO, A. (1995) «Restauración y posilustración. Las enseñanzas técnicas en el primer tercio del siglo XIX». En: *La educación en la España contemporánea. Cuestiones históricas (libro homenaje a A. Galino)*. Madrid, Sociedad Española de Pedagogía.
- FERNÁNDEZ CASANOVA, M.C. (1979) *La Sociedad Económica de Amigos del País de Santiago. Vida y actividades*. Santiago de Compostela, Universidad.
- FERNÁNDEZ DIAZ, R. y TINOCO RUBIALES, S. (1980) «Formación profesional y desarrollo económico: los consulados de Cádiz y Sevilla (1748-1829)». En: *Actas del II Coloquio de Historia de Andalucía*. Córdoba, Caja de Ahorros de Córdoba, vol. 1, pp. 617-637.
- FERNÁNDEZ PÉREZ, J. (1988) «La ciencia ilustrada y las Sociedades Económicas de Amigos del País». En: M. Sellés; J.L. Peset y A. Lafuente, *Carlos III y la ciencia de la Ilustración*. Madrid, Alianza.
- FERRARESI, A. (1983) «La formazione degli ingegneri nella seconda metà dell'ottocento. Per una ricerca sulla scuola di applicazioni e sul museo industriale di Torino (1860-1906)». *Nuova Rivista Storica*, 67, 637-656.
- FONTANON, C. y GRELON, A. (1994) *Les professeurs du Conservatoire National des arts et métiers, dictionnaire biographique (1794-1955)*. París, INAP y CNAM (2 vols).

- FORNIÉS CASALS, J.F. (1978) *La Real Sociedad Económica Aragonesa de Amigos del País en el periodo de la Ilustración (1776-1808): su relación con el artesanado y la industria*. Madrid. Confederación Española de Cajas de Ahorro.
- FOURCY, A. y DHOMBRES, J. (1987) *Histoire de l'École Polytechnique*. París, Belín.
- FOX, R. y WEISZ, G., (eds.) (1980) *The organization of science and technology in France (1808-1914)*. Cambridge, Cambridge University Press.
- FOX, R. y GUAGNINI, A., (eds.) (1993) *Education, technology and industrial performance in Europe (1850-1939)*. Cambridge, Cambridge University Press.
- GAGO BOHÓRQUEZ, R. (1978) «Bicentenario de la fundación de la Cátedra de Química de Bergara. El proceso de constitución». *Llull*, 2, 5-18.
- GAGO BOHÓRQUEZ, R. y PELLÓN GONZÁLEZ, I. (1994) *Historia de las cátedras de Química y Mineralogía de Bergara a fines del siglo XVIII*. Vergara, Ayuntamiento.
- GARCÍA RODRÍGUEZ, M. (1987) «El Instituto Asturiano de Jovellanos». *Profesores y empresas. Revista de educación tecnológica y profesional*, 3(5-6), 39-42.
- GARRABOU, R. (1982) *Enginyers industrials, modernització econòmica i burgesia a Catalunya*. Barcelona, L'Avenç
- GISPEN, K. (1989) *New Profession, Old Order. Engineers and German Society (1815-1914)*. Cambridge, Cambridge University Press.
- GLICKSON, B. (1993) *Les ingénieurs étrangers à l'École Centrale de Paris (1875-1937)*. Memoria para el *diplôme d'études approfondies*. Université Paris XII, Val de Marne.
- GRANA GIL, I. (1989) «El Consulado Marítimo terrestre, promotor de la educación en Málaga (último tercio del XVIII y primera mitad del XIX)». En: B. Delgado y M. Rodríguez, *Homenaje al profesor Alexandre Sanvisens*. Barcelona, PPV, pp. 331-340.
- GRANA GIL, I. (1995a) *El Real Colegio Náutico de San Telmo de Málaga*. Málaga, Universidad.
- GRANA GIL, I. (1995b) «De las enseñanzas profesionales a la creación de las escuelas técnicas y el Instituto (1785-1868)». En: M. Vico (coord.), *Educación y cultura en la Málaga contemporánea*. Málaga, Ed. Algazara.
- GRANA GIL, I. (1997) *La Escuela Industrial, de Comercio y de Náutica de Málaga (1851-57)*. Málaga, Universidad.
- GRELON, A. (1993) «The training and career structures of engineer in France (1880-1939)». En: R. Fox y A. Guagnini op. cit., pp. 42-64.
- GRELON, A. (1996) «La naissance de l'enseignement supérieur industriel en France». *Quaderns d'Historia de l'Enginyeria*, 1, 53-82.
- GRELON, A. (1997) «Écoles de Commerce et formations d'ingénieurs jusqu'en 1914». *Entreprises et Histoire*, (14-15), 29-45.
- GUAGNINI, A. (1993) «The training of mechanical engineers in England (1850-1914)». En: R. Fox y A. Guagnini, op.cit., pp. 16-41.
- GUEREÑA, J.L. (1990) «La formación técnica en la primera mitad del siglo XIX. El Conservatorio de Artes». En: G. Ossenbach Sauter y M. de Puellas Benítez, (eds.), *La Revolución Francesa y su influencia en la educación en España*. Madrid, UNED.

- GUEREÑA, J.L. (1993) «L'histoire sociale en débat». *Bulletin d'Histoire Contemporaine d'Espagne*, 17-18, 108-124.
- HALL, A.R. (1982), *Science for Industry. A short history of the Imperial College of Science and Technology and its antecedents*. London, Imperial College.
- HAESSENNE-PEREMANS, N. (1983) «Les pauvres aussi ont une histoire». *Cahiers de Clio*, 74, 31-46.
- HERNÁNDEZ DIAZ, J.M. (1989) «Burguesía liberal y educación liberal en la España interior. Las escuelas de Artes y Oficios en la Restauración». En: J.L. Guereña y A. Tiana Ferrer (1989) *Clases populares, cultura, educación. Siglos XIX y XX*. Madrid, Casa de Velázquez.
- HERNÁNDEZ DIAZ, J.M. (1992) «La Escuela de Artes y Oficios de Salamanca en su primera trayectoria (1879-1902)». En: J.A. Bonilla (ed.), *Salamanca y su proyección en el mundo. Estudios históricos en honor a D. Florencio Marcos*. Salamanca, Comisión Organizadora.
- HERVADA FERNÁNDEZ-ESPAÑA, J. (1995) *Historia de la Escuela de Artes y Oficios de Vigo en la calle del Circo (1886-1900)*. Vigo, Ed. Cardeñoso.
- IGLÉSIES, J. (1969) *L'obra cultural de la Junta de Comerç (1760-1847)*. Barcelona, Dalmau.
- JIMÉNEZ GÁMEZ, R.A. (1991) *La Sociedad Económica Gaditana y la educación en el siglo XIX*. Caja de Ahorros de Jerez.
- KÖNIG, W. (1986) «Science and practice: key categories for the professionalization of german engineers». En: M. Kranzberg, *Technological Education-Technological Style*. San Francisco, San Francisco Press, pp. 41-47.
- KÖNIG, W. (1993) «Technical education and industrial performance in Germany: a triumph of heterogeneity». En: Fox y Guagninio, op.cit. pp. 65-87.
- LANGINS, J. (1987) *La Republique avait besoin des savants*. París, Belin.
- LILLEY, S. (1983) «El progreso tecnológico y la Revolución Industrial (1700-1914)». En: Cipolla *Historia económica de Europa*, vol.3, pp. 195-264.
- LÓPEZ DE PEÑALVER, J.M. (1991) *Descripción de las máquinas del Real Gabinete*, edición facsímil de Fernández Pérez y Gómez Terrón, I. Madrid, Península.
- LÓPEZ PIÑERO, J.M., GLICK, T.F., NAVARRO BROTONS, V. y PORTELA MARCO, E. (1983) *Diccionario histórico de la ciencia moderna en España*. Madrid. Península.
- LÓPEZ TORRIJOS, M. y MAYORDOMO, A. (1984) «Labor educativa de la Real Sociedad Económica de Amigos del País de Valencia (Aproximación histórica)». *Revista de Ciencias de la Educación*, 118, 175-190.
- LUDWIG, K.H. y KÖNIG, W. (1981) *Technik, Ingenieure und Gesellschaft. Geschichte des Deutscher Ingenieure (1856-1981)*. Dusseldorf, VDI-Verlag.
- LUSA MONFORTE, G. (1995) *Escuela Industrial barcelonesa. Inventario de objetos (septiembre 1851)*, Barcelona, ETSEIB (UPC).
- LUSA MONFORTE, G. (1996) «La creación de la Escuela Industrial barcelonesa (1851)». *Quaderns d'història de l'enginyeria*, I, 1-51

- LUSA MONFORTE, G. (1997) *La difícil consolidación de las enseñanzas industriales (1855-1873)*. Barcelona, ETSII, Universitat Politècnica de Catalunya.
- LUSA MONFORTE, G. (1998) *El traslado de la Escuela de Ingenieros al edificio de la nueva Universidad (1873)*. Barcelona, ETSEIB (UPC).
- LUSA MONFORTE, G. (1999) *¡Todos a Madrid! La Escuela General Preparatoria de ingenieros y arquitectos (1886-1892)*. Barcelona, ETSEIB (UPC).
- MC KINLAY, A. (1986) «From industrial serf to wage-labourer: the 1937 apprentice revolt in Britain». *International Review of Social History*, 31, 1-18.
- MARTÍN FERRERO, P. (1988) *La Real Sociedad Económica Gaditana de Amigos del País*. Cádiz, Editorial Jiménez Mena.
- MARTÍNEZ GARCÍA, M.A. (1999) *Las Matemáticas en los planes de estudio de los ingenieros civiles en el siglo XIX*, Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza.
- MONÉS I PUJOL-BUSQUETS, J. (1987) *L'obra educativa de la Junta de Comerç (1769-1851)*. Barcelona, Cambra Oficial de Comerç, Industria i Navegació.
- MONTANUY, M., NÚÑEZ, J.M. y SERVAT, J. (1993) «La productivitat científica a la Real Academia de Ciències i Arts de Barcelona (1771-1991): estudi bibliomètric». *Actes de las II Trobades d'Historia de la Ciència i de la Tècnica*. Barcelona, pp. 107-113.
- MONTERO PEDRERA, A.M. (1998) «Origen y desarrollo de las Escuelas de Artes y Oficios en España». *Historia de la Educación. Revista Interuniversitaria*, 17, 319-330.
- MUÑOZ BARRAGÁN, E. (1992) *La Escuela de Artes y Oficios de Toledo*. Toledo, Diputación Provincial.
- MURLA, J. (1981) «La Escuela de bellas Artes y Oficios Artísticos de Olot». *Artes Plásticas*, 48, 31-34.
- NIETO GALÁN, A. y ROCA ROSELL, A. (eds.) (2000) *La Real Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona als segles XVIII i XIX: historia, ciència i societat*. Barcelona, Institut d'Estudis Catalans.
- NÚÑEZ, C.E. (1992) *La fuente de la riqueza. Educación y desarrollo económico en la España contemporánea*. Madrid, Alianza Universidad.
- NÚÑEZ, C.E. (1997) «La educación como fuente de crecimiento». *Papeles de Economía Española*, 73, 213-231.
- NÚÑEZ, C.E. y TORTELLA, G. (eds.) (1993) *La maldición divina. Ignorancia y atraso económico en perspectiva histórica*. Madrid, Alianza.
- ORTIZ-VILLAJOS, J.M. (1999) *Tecnología y desarrollo económico en la Historia Contemporánea*. Madrid, Oficina Española de Patentes y Marcas.
- PACHO FERNÁNDEZ, M.J. (1997) «El programa de estudios para la formación de constructores establecidos en la Escuela de Artes y Oficios de Bilbao a lo largo del último cuarto del siglo XIX». *Bidebaurreta. Anuario de Humanidades y Ciencias Sociales de Bilbao*, 2, 145-155.
- PASCUAL CARBALLO, A. (1996) *La Escuela de Artes y Oficios: más de 100 años en la vida de Ourense*. Ourense, Diputación Provincial.

- PELPEL, P. y TROGER, V. (1993) *Histoire de l'enseignement technique*. París, Hachette.
- PEREIRA, F. y SOUSA, J. (1989) «El origen de las artes y oficios en Galicia. El caso compostelano». *Historia de la Educación. Revista Interuniversitaria*, 9, 219-232.
- PÉREZ MOREDA, J. (1997) «El proceso de alfabetización y la formación del capital humano en España». *Papeles de Economía Española*, 73, 243-253.
- PÉREZ WHITE, T. (1985) *La Escuela Universitaria de Béjar y los estudios de ingeniería técnica industrial*. Salamanca, Universidad.
- PIÑEIRO SAN MIGUEL, E. y GÓMEZ BLANCO, A. (1994) *Historia de la Escuela de Artes y Oficios del Ferrol*. Pontevedra.
- PIQUERA ARENAS, J.A. (1988) *El taller y la escuela*. Madrid, Siglo XXI.
- PORTILLO FRANQUELO, P. (1998) *Málaga y su Escuela de Peritos*. Málaga, Universidad.
- PUERTA SALES, F. (ed.) (2002) *L'Escola d'Enginyers (1851-2001)*. Barcelona, Associació d'Enginyers Industrials de Catalunya.
- PUIG-PLÁ, C. (1996) «L'establiment dels cursos de Mecànica a l'Escola Industrial de Barcelona. Precedents, professors i alumnes inicials». *Quardens d'Historia de l'Enginyeria*, 1, 127-196.
- RAMÓN TEIJELO, J. (2003) «Aproximación al Real Conservatorio de Artes (1824-1850): precedente institucional de la ingeniería industrial moderna». *Quaderns d'Historia de l'Enginyeria*, 5, 59-86.
- REBOTO HERNÁNDEZ, A. (2000) *Ingeniería industrial. 150 años en España*. Valladolid, Universidad.
- RIERA TUEBOLS, S. (1993) «Industrialization and technical education in Spain, 1850-1914». En: Fox y Guagnini, op.cit., pp. 141-170.
- RUIZ GONZÁLEZ DE LINARES, E. (1972) *Las Sociedades Económicas de Amigos del País*. Burgos, Institución Fernán González.
- RUMEU DE ARMAS, A. (1980) *Ciencia y tecnología en la España Ilustrada. La Escuela de Caminos y Canales*. Madrid, Turner.
- RUMEU DE ARMAS, A. (1990) *El Real Gabinete de Máquinas del Buen Retiro*. Madrid, Castalia.
- SÁNCHEZ PASCUA, F. (1984) «Cátedras creadas por la Sociedad Económica de Amigos del País de Badajoz». *Educación e Ilustración en España (III Coloquio de Historia de la Educación)*. Barcelona, Universidad, 554-563.
- SCHULTZ, T.W. (1971) *Investment in Human Capital. The Role of Education and of Research*. New York, Collier-MacMillan.
- SOUSA, J. y PEREIRA, F. (1988) *Historia de la Escuela de Artes y Oficios de Santiago de Compostela (1888-1988)*. A Coruña, Diputación Provincial.
- TORTELLA, G. (ed.) (1990) *Education and economic development since the Industrial Revolution*. Valencia, Generalitat Valenciana, pp. 69-87. Madrid, Alianza Editorial.
- TUÑÓN DE LARA, M. (1972) *El movimiento obrero en la Historia de España*. Madrid, Taurus.
- VIÑAO, A. (1982) *Política y educación en los orígenes de la España contemporánea*. Madrid, Siglo XXI.