

DE LIBROS Y LABORATORIOS: NOTICIA SOBRE ALGUNOS TEXTOS DE QUÍMICA QUE AYUDARON A LA INDUSTRIALIZACIÓN¹

INÉS PELLÓN GONZÁLEZ

Universidad del País Vasco

RESUMEN

Es un hecho indiscutible que el proceso de industrialización producido en las distintas zonas del mundo fue tan dilatado y complejo, que resulta imprescindible estudiarlo con enfoques diferentes, como afirman Hormigón y Ausejo [1997]. Por ello, en este trabajo se ha elegido una disciplina —la química— como punto de partida para analizar cómo se produjo la llegada e implantación de los conocimientos correspondientes a esta asignatura en nuestro país, particularizando el estudio con un caso concreto, el del «Seminario Científico Industrial de Vergara», acotado entre dos fechas: 1851-1861. Si bien es cierto que se han realizado un gran número de estudios sobre esta institución, la mayoría de ellos se detienen al finalizar el siglo XVIII, y los pocos que avanzan a lo largo del siglo XIX, no han estudiado cómo se produjo la aplicación y difusión de los conocimientos químicos en el centro. Para realizar este trabajo se han revisado críticamente los trabajos conocidos hasta hoy, y se han estudiado los datos inéditos proporcionados por varias fuentes primarias, centradas en una selección de libros de química,

ABSTRACT

The process of industrialization occurred in different parts of the world was so lengthy and complex that it is essential to study it from different approaches, as Hormigón and Ausejo [1997] claim. Therefore, this work has chosen a discipline —chemistry— as a starting point to analyze how was the arrival and deployment of knowledge relating to this subject in our country, in particular the case study of the Royal Scientific Industrial Seminar of Vergara between 1851 and 1861. While it is true that many studies on this institution have been performed, most of them stop at the end of the eighteenth century, and the few that approach the nineteenth century have not studied how the application and the dissemination of knowledge in this school occurred. To make this work we have critically reviewed the existing works, and we have studied the unpublished data provided by several primary sources, focusing on a selection of books on chemistry, as well as in the documents from different archives. The news published in La Gaceta de Madrid, which have

y en los documentos depositados en diferentes archivos². De especial interés han resultado las noticias publicadas en La Gaceta de Madrid, que han sido cotejadas para avalar toda la información obtenida a través de las fuentes primarias.

proved to be of special interest, have been verified to substantiate all information obtained through primary sources.

Palabras clave: Industrialización, Ingeniería Química, Libros de texto, Enseñanza Técnica, España, País Vasco, Siglo XIX.

Keywords: Industrialization, Chemical Engineering, Textbooks, Technical Education, Spain, Basque Country, 19th Century.

Industrialización, química e ingeniería química

Iniciado ya el siglo XXI, y deslumbrados por los vertiginosos avances científicos y tecnológicos producidos a lo largo del siglo XX, no resulta fácil darse cuenta que nuestro presente es el fruto de nuestro pasado, y que todos los descubrimientos realizados hoy, por innovadores que parezcan, han sido posibles gracias a muchos siglos de evolución. Tampoco debemos olvidar que nuestra actual química es heredera directa de la alquimia egipcia, que fue transmitida a los griegos y romanos. Lamentablemente, la mayoría de estas fuentes se han perdido, si bien quedan algunos manuscritos testigos de este hecho, como los papiros de Leyden y de Estocolmo, o las noticias de enciclopedistas romanos como Plinio el Viejo. En concreto, el papiro de Estocolmo describe recetas para elaborar mordientes y tintes y para preparar gemas de imitación, mientras que en el de Leyden se detallan varias técnicas de metalurgia [VEGA MICHE, 2008].

Incluso en una especialidad que se considera tan propia del siglo XX como es la ingeniería química, se emplean hoy en día métodos que ya se conocían en la antigüedad. Por ejemplo, en el Egipto de hace 5.000 años se utilizaban habitualmente operaciones de filtrado, y la producción de tintes, colorantes, colas y perfumes se realizaba con técnicas semejantes a las nuestras. En la antigua Roma se calcinaba piedra caliza para obtener cal viva, y enterrada bajo las cenizas de Pompeya se encontró una factoría de jabón completa, que había sido sepultada en plena producción [LEGARRETA & ARIAS, 1986].

Los conocimientos técnicos de la Antigüedad helenística y de la alquimia china llegaron hasta el Islam medieval, y fueron el punto de partida del «Arte» que se desarrolló en Europa desde la Baja Edad Media hasta finales del siglo XVII. Estos conocimientos se transmitían a través de manuscritos dirigidos ex-

clusivamente a los «iniciados», empleando metáforas que hoy en día hacen muy difícil su interpretación, pero que describen técnicas y procesos básicos como calcinaciones, sublimaciones, disoluciones, destilaciones e incineraciones, con los aparatos y montajes de laboratorio necesarios para realizarlos [BERTOMEU, 2008]. Así aparecen reflejados en varios de los libros que se publicaron en esta época, entre los que destacaron autores como Ramón Llull, Jalid ibn Yazid al-Umawi, Arnau de Vilanova, Johannes de Rupescissa (o Joan de Peratallada), Richardus Anglicus, Alberto Magno, Odomarus, Giovanni Bracesco, Roger Bacon, Johannes Aurelius Augurellus, o Geber. Asimismo, las técnicas minerometalúrgicas, de destilación y de ensayo de metales, las más importantes de carácter químico en la Europa de Renacimiento, quedan reflejadas en numerosos textos, entre los que destacan tres autores españoles de gran importancia: Álvaro Alonso Barba, Diego de Santiago y Juan de Arfe. Es un hecho conocido que el laboratorio de destilación más importante de la Europa renacentista se encontraba situado en El Escorial, donde los «destiladores de Su Majestad» tenían reconocida fama internacional, y que en las cecas españolas se utilizaban las técnicas más modernas para el análisis cuantitativo de metales.

La invención de la imprenta supuso un importante avance en la difusión de los conocimientos, y pasando a vuelapluma a través del siglo XVI, cuando Georgius Agricola describió en sus libros numerosas técnicas metalúrgicas, se llega al siglo XVII, en el que se imprimieron de forma habitual textos alquímicos, siendo la compilación más conocida el denominado *Theatrum Chemicum* (Ursel-Estrasburgo, Zetzner, 1602-1651). Sus tres volúmenes, que fueron unos de los principales mecanismos divulgadores de la ciencia y la técnica de esta época, han sido hasta ahora poco estudiados, y el error de creer que son cuatro y no tres los tomos que lo forman se ha transmitido hasta nuestros días [RODRÍGUEZ, 2008].

La fabricación de productos químicos era un hecho habitual en esta época, y no debe sorprender que en 1635, John Winthrop Jr. instalara una planta química en Boston para producir nitrato potásico, destinado a fabricar pólvora. Incluso en alguno de los textos anteriormente citados se describe un sistema de extracción de cloruro sódico a partir del agua de mar con un procedimiento discontinuo basado en evaporaciones y cristalizaciones generadas por la energía solar, que puede encontrarse en cualquier manual sobre medio ambiente y energías renovables publicado en 2008. Está claro que no hay nada nuevo bajo el sol, y que todo avance científico o tecnológico debe ser contemplado desde esta perspectiva.

La constitución de la denominada «Química moderna» se encontraba en pleno apogeo durante la segunda mitad del siglo XVII gracias al sistema iatroquímico, del que es un perfecto representante el libro de Félix Palacios *Palestra pharmaceutica*

chymico-galenica (Madrid, I. García, 1706). Con este importante texto comenzó el siglo XVIII, en el que se produciría uno de los fenómenos más interesantes desde el punto de vista de la Historia de la Ciencia: La Revolución Industrial.

En los años anteriores a 1760, existía en Gran Bretaña una «industria doméstica», en la que los trabajadores compaginaban su oficio artesano con el cultivo de pequeñas parcelas de terreno. Las fábricas textiles estaban basadas en métodos mecánicos muy sencillos, hasta que en 1733 se patentó la lanzadera, que fue la primera de una serie de innovaciones orientadas a optimizar el trabajo. En 1764 Hargreaves ideó una máquina de hilar denominada *Spinning Jenny*, cuyo sistema contempló varias mejoras a lo largo del tiempo: la hiladora de Arkwright en 1769, el huso mecánico de Crompton en 1779, y el telar mecánico de Cartwright en 1785. Simultáneamente se produjeron importantes innovaciones en los sistemas de fundición de metales que favorecieron el impulso de la siderurgia, y la invención de la máquina de vapor convirtió en anticuados los métodos manuales en todas las industrias. Como consecuencia se desencadenaron varios cambios a todos los niveles —entre otros, importantes desigualdades sociales—, mejoraron los medios de transporte y el comercio exterior británico aumentó de forma espectacular. La química no permaneció ajena a este proceso, y tampoco la denominada industria química, nombre bajo el que se agrupan una serie de actividades dirigidas a la obtención de determinados productos por medio de reacciones químicas. Estos procesos han existido desde que el ser humano comenzó a transformar y/o utilizar el medio donde habitaba para su provecho. Al aplicar los conocimientos empíricos adquiridos al curtido, al teñido y a la fabricación de vidrio y jabón, se inició la industria química, y para Antwerpen [1980] y Davies [1980], esta especialidad tal y como se entiende hoy en día comenzó en Gran Bretaña, unos cuarenta años después del inicio de la revolución industrial, cuando se abolió el impuesto sobre la sal. Este concepto englobó, en el siglo XIX, la elaboración de una gran cantidad de artículos, como sustancias químicas básicas, materiales agroquímicos, pinturas y barnices, productos farmacéuticos y de limpieza, explosivos, etc. Este tipo de industria necesitaba profesionales altamente especializados, elemento humano imprescindible tanto ahora como cuando la química empezaba a despuntar como una asignatura con personalidad propia en los planes de estudios decimonónicos. Las principales herramientas de transmisión de sabiduría desde la invención de la imprenta, y sobre todo durante el siglo XIX y principios del XX fueron los libros, que según Kragh [1989] son los que afianzan los conocimientos científicos y los convierten en paradigmáticos, y los laboratorios, porque no hay que olvidar que la química es una disciplina con un elevado contenido práctico.

Un ejemplo paradigmático es el caso de la fabricación de ácido sulfúrico, materia que se convirtió en imprescindible para varios procesos, por lo que se hizo nece-

saría su obtención a gran escala. Se pasó de la fabricación mediante la destilación de «vitriolo verde» (sulfato ferroso), cuya producción era limitada y muy cara, al método de las «cámaras de plomo», que en muy poco tiempo se perfeccionó y abarató la producción del ácido. La primera fábrica de este tipo se construyó en Ruán (Francia) en 1776. En 1831 Peregrine Phillips patentó el método de contacto, pero fue el alemán Rudolf Messel quien lo perfeccionó y mejoró, al evitar el envenenamiento del catalizador. Se utilizó industrialmente a partir de 1876 en Silverton.

Solvay patentó un nuevo sistema para la obtención de carbonato de sodio en 1861, del que se afirma que fue el primer proceso continuo que se utilizó en la industria química. Comparativamente, el método Solvay presentaba ventajas económicas respecto al sistema Le Blanc en coste de materias primas y mano de obra, aunque suponía mayor inversión de capital y un diseño complicado para la época [TOCA, 1997]. La primera fábrica se construyó en 1863, y llegó a Gran Bretaña en 1872, a Alemania en 1880 y a Siracusa (EEUU) en 1884.

Hasta entonces, Gran Bretaña no había tenido demasiada competencia, pero a partir de 1870 la industria química alemana empezó a crecer, a dedicarse a la investigación aplicada, a triunfar y a dominar el mercado. Las universidades alemanas eran capaces de proporcionar un gran número de químicos perfectamente entrenados en la investigación, cuyos esfuerzos combinados crearon el moderno sistema de producción industrial. Su primer éxito fue la síntesis comercial del colorante alizarina en 1869; los tintes azo y de azufre en 1870 y 1880; y al final de siglo, y después de realizar una importante inversión en investigación y desarrollo, se introducía un proceso para la fabricación de índigo sintético.

Las grandes firmas alemanas —Hoechst, Bayer, AGFA, BASF— comenzaron a usar su experiencia en investigación y sus grandes recursos financieros para diversificarse hacia nuevos campos. Los productos farmacéuticos sintéticos se desarrollaron rápidamente, y pronto siguieron también productos químicos para fotografía, aditivos del caucho y polímeros sintéticos. En concreto, BASF centró su desarrollo en nuevos procesos en química inorgánica, y hacia 1890 fue pionera en el uso del proceso de contacto para la fabricación de ácido sulfúrico. Comenzó a estudiar la fijación de nitrógeno en los primeros años del siglo XX, y en 1909 desarrolló el proceso Haber para la síntesis de amoníaco por combinación directa de nitrógeno e hidrógeno a 600⁰C y 200 atm. Esta planta, la primera especializada para el manejo de gases a altas temperaturas y presiones, comenzó a funcionar en 1913.

En los años anteriores a la primera guerra mundial, la industria química alemana tenía superioridad cuantitativa y cualitativa sobre cualquier otra nación. Al estallar la guerra cambió la orientación de las industrias químicas, que en Alemania conectaron con la fabricación de explosivos —y por tanto de ácido nítri-

co—, gases venenosos, productos farmacéuticos y cauchos sintéticos. La sustitución del carbón por el petróleo y el gas natural dio lugar a la aparición de la industria petroquímica, cuyas primeras compañías nacieron en Estados Unidos a partir de 1920 (Union Carbide, Shell, Down Chemical, etc.). Los esfuerzos realizados fueron de gran importancia en el planteamiento de una mentalidad más científica a la hora de abordar los problemas técnicos, y éxitos como el del proceso Solvay sobre el Le Blanc para la producción de carbonato sódico hicieron recapacitar a muchos empresarios y técnicos de la época, que comprendieron que la eficacia de los procesos podría ser mejorada con el adecuado control de las condiciones de operación. De esta forma se puso en evidencia la necesidad de disponer de profesionales capacitados para dirigir el diseño y operación de plantas industriales, lo que motivó que los químicos e ingenieros mecánicos tuvieran que adentrarse en el campo de conocimiento de otras especialidades. Se produjo en consecuencia un vacío que debía cubrir una nueva disciplina que pudiera dar satisfacción a estas necesidades.

Es por ello que la profesión de ingeniero químico no se desarrolló de un modo inmediato y paralelo con la industria química, sino que comenzó su andadura con casi un siglo de retraso. Se considera que el inglés George E. Davis (1850-1906) fue el iniciador del concepto de Ingeniería Química. Formado en el *Slough Mechanics Institute* y en la *Royal School of Mines* de Londres (actual *Imperial College*), comenzó a trabajar en una factoría situada en los alrededores de Manchester. En 1880 intentó formar una sociedad de ingenieros químicos, entidad que no nació hasta 1922 con el nombre de *The Institution of Chemical Engineers*, y no recibió la «Sanción Real» (Royal Charter) hasta 1957.

Por lo que respecta a la formación de este nuevo tipo de profesional, Armstrong en el *Central College* de Londres en 1885, y Davis en el *Manchester Institute of Technology* en 1887-88, fueron los primeros en impartir cursos monográficos sobre temas de Ingeniería Química. Davis también impulsó la creación de la *Sociedad de Industria Química* en 1881. En 1887 impartió una serie de doce lecciones que fueron la base de su libro *Handbook of Chemical Engineering*, publicado en 1901 y revisado en 1904. Aunque ya existían varias obras escritas para cada industria química —por ejemplo, manufactura de álcalis, producción de ácidos, fabricación de cerveza o tintes, etc.—, Davis fue el primero que organizó un texto según las operaciones básicas comunes a varias industrias, como transporte de sólidos, líquidos y gases, destilación, cristalización o evaporación. Por primera vez aparecieron expuestas las fabricaciones químicas por sus elementos constitutivos comunes en forma general, sin hacer referencia a procesos particulares. Recordemos que dichos elementos pueden ser de naturaleza física y se denominan ope-

raciones, o de naturaleza química y se denominan procesos, teniendo en cuenta que la denominada «Química Técnica» describe los procedimientos industriales de obtención y conservación de las sustancias, tanto en lo que corresponde a las operaciones generales o procesos unitarios (Ingeniería Química), como en lo que respecta a cada industria en particular (Química Industrial).

A partir de este momento, fueron los norteamericanos quienes supieron elaborar la sistemática de la ingeniería química y plasmarla en los planes de formación académica, implicando la difusión simultánea de textos y monografías en este idioma. Los americanos Arthur D. Little (1863-1935) —autor del concepto de «operaciones unitarias» en 1915—, William H. Walker (1869-1934) y Warren K. Lewis (1882-1975) fueron quienes dotaron a la ingeniería química de unas características propias. Las primeras titulaciones en este campo en los Estados Unidos fueron otorgadas por el *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) en 1891, aunque el contenido de los cursos originales todavía estaba centrado en la química industrial y en la ingeniería mecánica, sin las características operaciones unitarias de laboratorio.

Lewis Milis Norton (1855-1893) fue quien estableció el primer *curriculum* del mundo para la obtención del título de ingeniero químico en el MIT en 1888. A partir de él se establecieron departamentos en las Universidades de Pensilvania (1892), Tulane (1884) y Michigan (1898). En 1908 se constituyó el *American Institute of Chemical Engineers* (AIChE) con la oposición de la *American Chemical Society* (ACS), que suponía que la nueva institución podría restarle miembros e interés por su propia organización. En los años siguientes, la ACS organizó la *Division of Industrial and Engineering Chemistry*.

Desde finales del siglo XVIII y a lo largo de todo el siglo XIX, los libros de química que ayudaron a la industrialización fueron muy abundantes, y el número de estudios realizados sobre ellos es muy elevado³. Y por lo que respecta a la ingeniería química, resultaron de fundamental importancia los trabajos que J. J. Berzelius publicó a lo largo de la primera mitad del siglo XIX, en donde plasmó numerosas ideas que influyeron poderosamente en la mentalidad de la época. Por ejemplo, su teoría general sobre catálisis, sobre la que escribió: «algunos cuerpos tienen la propiedad de ejercer sobre otros una acción, diferente a la causada por la afinidad química, por medio de la cual se produce su descomposición, formando nuevos compuestos, que no entraban en la composición de aquellos. A este poder desconocido, común a la naturaleza orgánica e inorgánica, llamo poder catalítico, siendo catálisis la descomposición de cuerpos por esta fuerza». Para Berzelius, el poder catalítico y la catálisis eran la capacidad para hacer «soltar» los constituyentes de determinadas sustancias, aunque el concepto de destrucción de un compuesto ya aparecía en la obra *Alchymia* de Libavius (1595), y unos

años antes que Berzelius ya había sido denominada por Mitscherlich en 1834 «acción de contacto». Pero el concepto de catálisis y catalizador tal como lo conocemos actualmente fue enunciado por Ostwald [GRUPO HEUREMA, 2008], y a partir de este momento, la ingeniería química alcanzó un desarrollo espectacular, gracias a la ayuda de los laboratorios, y por supuesto, de los libros. En la tabla 1 se muestran algunos de los principales textos que consolidaron la formación académica de los ingenieros químicos a principios del siglo XX.

TABLA 1. PRIMEROS LIBROS ESPECÍFICOS PARA INGENIEROS QUÍMICOS

Año	Autor/es	Título - Lugar de Edición, Editorial
1901	G.F. Davis	<i>Handbook of Chemical Engineering</i> Manchester, Davis Bross, 2 ^a ed. 1904
1923	W.H. Walker / W.K. Lewis / W. McAdams	<i>The Principles of Chemical Engineering</i> New York; London, McGraw-Hill
1926	W.K. Lewis y A.H. Radasch	<i>Industrial Stoichiometry: Chemical Calculations of New York [etc.]</i> , McGraw-Hill Book Company, Inc.
1927	W.L. Badger / W.L. McCabe	<i>Elements of Chemical Engineering</i> New York [etc.], McGraw-Hill Book Company, Inc.
1929	F.H. Thorpe	<i>Outlines of Industrial Chemistry</i> New York, The MacMillan
1932	R. Kirk / D. Othmer (eds.)	<i>Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology</i> New York, Wiley
1935	P.H. Groggins	<i>Unit Processes in Organic Synthesis</i> New York, McGraw Hill Book Co.
Termodinámica para ingenieros químicos		
1935	H.C. Weber	<i>Thermodynamics for Chemical Engineers</i> U.K., Chapman & Hall
1943	O.A. Hougen / K.M. Watson (revisado en colaboración con R.A. Ragatz)	<i>Chemical Process Principles, I. Material and Energy Balances. II. Thermodynamics. III. Kinetics and Catálisis</i> New York, John. Wiley & Sons
1944	B.F. Dodge	<i>Chemical Engineering Thermodynamics</i> New York, McGraw-Hill; Tokyo, Kôgakuscha

Fuente: Elaboración propia, a partir de las fuentes y los textos consultados.

Apuntes sobre ingeniería y química en España durante el siglo XIX

Si bien la «Revolución Industrial» se centró fundamentalmente en Gran Bretaña, otros países sufrieron evoluciones similares, aunque en ninguno de ellos se produjo el conjunto de todas las características británicas por las diferentes razones económicas, políticas y sociales que los caracterizaban. Mientras la mayoría de los países europeos apostaban por la industrialización, en España confluyeron diversas circunstancias —entre otras, varias guerras—, que supusieron que este proceso tardara bastante en producirse.

La docencia de la Química en el siglo XIX se inició con las enseñanzas de Louis Proust (1754-1826) en la *Escuela Práctica de Química* de Madrid, que funcionó desde 1799 hasta 1806 [GAGO, 1984], donde tuvo un considerable número de alumnos [PUERTO, 1994; FRAGA, 1995]. Aunque es cierto que la guerra de la independencia truncó estas enseñanzas y que los vaivenes políticos obligaron a varios científicos a exiliarse, esto no implicó que la enseñanza de la química desapareciera durante los primeros treinta años del siglo.

La evolución de la docencia de la química en España durante el siglo XIX, los nombres de los profesores de esta disciplina en los distintos centros docentes, así como los textos publicados en España que ayudaron a consolidar los conocimientos químicos en esta época se encuentran recopilados en Pellón [1998]. De acuerdo con este estudio, se puede afirmar que, a pesar de que la química no era una de las asignaturas fundamentales de los planes de estudios españoles durante el primer tercio del siglo XIX (1800-1833), se publicaron varios textos de esta disciplina. El segundo tercio del siglo (1833-1860) contempló el estallido de la primera guerra carlista, así como la inquietud de los políticos españoles por instaurar la docencia de las ciencias experimentales. Gracias al plan de estudios firmado por el ministro Pedro José Pidal, la facultad de Filosofía quedó dividida en dos secciones independientes: una de Letras y otra de Ciencias, ambas con los grados de licenciado y doctor⁴.

En 1846 comenzó la 2ª guerra carlista, y en 1850, una vez finalizada la contienda, el ministro de Comercio, Instrucción y Obras Públicas Manuel de Seijas Lozano, firmó un nuevo plan de estudios que sólo pretendía «perfeccionar el plan de 1845», sobre todo lo referente a la 2ª enseñanza, a las ciencias «físico-matemáticas», y a los estudios especiales⁵.

Las Escuelas de ingenieros civiles (Caminos⁶, Minas⁷, Montes, Agrícolas⁸e Industriales), se crearon en España a partir de 1830, correspondiendo la fundación de la Escuela de Ingenieros Industriales al año 1850. En ella, la Enseñanza Industrial era de tres clases⁹:

a) Elemental: impartida en los Institutos de Primera Enseñanza, constaba de un curso preparatorio y tres de carrera. En el tercer año se contemplaban los *Principios de Química con aplicaciones más usuales a la industria*. Para quienes desearan tener más conocimientos pero no seguir las enseñanzas de ampliación, existía un cuarto año en el que se impartía *Química aplicada a las Artes*, y al finalizarlo se les otorgaba el título de «maestro en artes y oficios».

b) Ampliación: se fundaron las Escuelas de Barcelona, Sevilla y Vergara para alumnos con 14 años cumplidos. Estas enseñanzas tenían una extensión de tres años, en los que se impartían *Elementos de Química* (2º curso), y *Química aplicada a las Artes* (3º curso). Al finalizar los tres cursos y el examen del final de carrera, los alumnos obtenían el título de «profesor industrial». Si efectuaban un cuarto curso en el que elegían la opción en la que se impartía *Complementos de Química aplicada*, obtenían el título de «Ingeniero químico de 2ª clase».

c) Superior, impartida sólo en el «Real Instituto Industrial de Madrid», en el que también existían las Enseñanzas Elementales y de Ampliación. Duraba dos años, en los que se podía elegir entre dos especialidades: Mecánica o Química. La enseñanza de estos últimos comprendía *Complemento de Química Aplicada* (primer año), y *Continuación de la Química Aplicada: Análisis Químico* (segundo curso). Al finalizar, los alumnos obtenían el título de «Ingeniero químico de 1ª clase».

En las Escuelas Profesionales debía existir un profesor de *Química general y aplicada*, y en el Real Instituto Industrial de Madrid («Escuela Central»), uno de *Química general* y otro de *Análisis Químico*. Además, en este último centro se impartirían las asignaturas *Química Industrial* en el cuarto año, y *Análisis Químico*, y *Trabajos de laboratorio para los alumnos de Química* en el quinto año. Todas ellas debían constar de un laboratorio de química «en que puedan manipular a la vez profesores y alumnos»¹⁰.

Pero debido a problemas económicos, en 1860 cerraron las escuelas de Gijón y Vergara; en 1865, la de Valencia; en 1866, la de Sevilla¹¹, y en 1867, el Real Instituto Industrial de Madrid. El único centro que sobrevivió a esta hecatombe fue la Escuela de Barcelona, que se transformó así en la única del estado en la que se impartían estas disciplinas. El monopolio barcelonés duró 32 años [LUSA, 1994], y finalizó al inaugurarse la Escuela de Ingenieros Industriales de Bilbao en 1899¹². En un principio, los dos años de enseñanza superior sólo podían realizarse en Madrid, pero en 1861, la Escuela de Barcelona consiguió que también se impartieran en ella [LUSA, 1993].

Por lo que respecta a los estudios de Ampliación, es destacable la presencia de la villa de Vergara junto a ciudades tan importantes como Barcelona o Sevilla. La explicación de este hecho se debe a la tradición de las enseñanzas científicas

en la villa, que comenzó en el segundo tercio del siglo XVIII, en el denominado «Real Seminario». En sus instalaciones se consiguió aislar un nuevo elemento químico (el wolframio) en 1783, así como malear el platino por primera vez, entre otros logros científicos. Sobre esta etapa de la vida del centro se han realizado numerosos estudios¹³, aunque la mayoría se detienen al comenzar la guerra contra la Convención francesa en 1793, cuando los profesores, alumnos y demás personal del Seminario abandonaron la villa. Los efectos del laboratorio sobrevivieron a la contienda [GAGO & PELLÓN, 1994, pp. 94-99], y la química volvió a impartirse en el establecimiento a partir de 1822, cuando obtuvo la categoría de «Universidad de Provincia para la 2ª Enseñanza»¹⁴.

El Plan que organizó estas enseñanzas dejaba libertad a los profesores para elegir el texto más conveniente para impartir su asignatura, aunque se les pedía que formasen un «pequeño tratado elemental» acorde con los principios más adecuados de esta ciencia¹⁵. Después de numerosas vicisitudes, la inquietud de la alta sociedad vasca por el cultivo de las ciencias y las técnicas cristalizó de nuevo al plantear al Gobierno en 1848 la creación en Vergara de una Escuela en la que se impartieran dichas enseñanzas en el edificio del Seminario, que albergaba al Instituto de Segunda Enseñanza de la villa [CABALLER, GARÁIZAR & PELLÓN, 1997]. La primera iniciativa que floreció fue la «Escuela Especial de Matemáticas» en 1848¹⁶. Destinada a preparar a los alumnos para el ingreso en diferentes carreras civiles y militares, contemplaba la enseñanza de *Física y Química* «para los aspirantes a la escuela de Ingenieros de Montes» [CABALLER, LLOMBART & PELLÓN, 2001].

En 1850 se fundó en Vergara una de las tres «Escuelas de Ampliación» que existieron en el Estado, y el conjunto de todas las enseñanzas (Instituto de 2ª Enseñanza, Escuela Especial de Matemáticas, Escuela de Comercio, Escuela Industrial y «enseñanzas diversas») se denominó «Real Seminario Científico Industrial de Vergara»¹⁷.

La biblioteca general del Seminario comenzó a ampliarse en 1846, y en 1852 contenía casi 1.000 volúmenes. La biblioteca específica de la Escuela Industrial se enriqueció a lo largo de los años al adquirir, desde 1852 hasta 1857, 589 volúmenes nuevos de diferentes materias¹⁸. Desde 1855 hasta 1857 se compraron 36 volúmenes de química, la mayoría de química práctica, como corresponde al tipo de enseñanzas que se impartían en la Escuela. Por otro lado, de los 10 autores tres eran españoles [ESCOSURA, 1846; MIEG, 1840; VALLEJO, 1839] y siete extranjeros: un inglés, Michael Faraday (1791-1867), y seis franceses: Pierre Berthier (1782-1861); August André Thomas Cahours (1813-1891); Desmarests (?-?); Charles Frédéric Gerhardt (1816-1856); Anselme Payen (1795-1871); y Henri Víctor

Regnault (1810-1878). Este predominio francés resulta similar al que existió en la Escuela Industrial sevillana, como indica Cano Pavón [1996, p. 43].

El inventario del laboratorio de química¹⁹ de la E.I.B. (1852-1858)²⁰ ha sido analizado y publicado íntegro por Caballer, Garáizar y Pellón [1997], y se puede afirmar que era muy completo. Pero debido a problemas económicos, la enseñanza industrial del Seminario se suprimió en 1860²¹. En el centro sólo permaneció el Instituto de Segunda Enseñanza hasta que, durante la tercera guerra civil (1872-76), los carlistas volvieron a ocupar el establecimiento²². El Instituto se trasladó a San Sebastián, y los efectos del laboratorio de química permanecieron en el Seminario en un estado de total abandono²³. En 1880 se hicieron cargo del centro los Padres Dominicos, quienes, en 1893, instalaron en el «Gabinete-Laboratorio de Química» una máquina de vapor²⁴ «...que se aplicará á mover las máquinas tipográficas de nuestra imprenta particular y a otros usos domésticos».

Mientras tanto, los cambios políticos en el gobierno se sucedían sin cesar. Pero a partir de 1855 comenzó un período caracterizado por la tranquilidad y la prosperidad. Cuando Narváez era presidente del gobierno, Claudio Moyano, su Ministro de Fomento, consiguió la estabilidad legal para todo lo promulgado sobre educación. Para ello diseñó una ley de bases que se aprobó el 17 de julio de 1857²⁵, y el 9 de septiembre, la «Ley de Instrucción Pública», denominada a partir de entonces Ley Moyano. Según ella las Facultades eran seis, entre las que se encontraba la «Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales», independiente por primera vez de la de Filosofía. En ella se podían obtener los grados de Bachiller, Licenciado y Doctor, y estaba dividida en tres secciones: Ciencias Físico-matemáticas, Ciencias Químicas y Ciencias Naturales. También se incluyeron asignaturas de química en alguna de las «Enseñanzas Superiores» que ya existían [PUELLES, 1979, vol. II, pp. 244-302]:

- a) Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (Madrid): *Química*.
- b) Ingenieros de Minas (Madrid): *Química y Análisis química*.
- c) Ingenieros de Montes (Villaviciosa): *Química*.
- d) Ingenieros Agrónomos: *Química y Análisis química*.
- e) Ingenieros Industriales: *Química General, Química Industrial, Análisis Química*.
Esta carrera se dividió en «Ingenieros mecánicos» e «Ingenieros químicos».

Las «Enseñanzas Profesionales» que contemplaron química fueron [PUELLES, 1979, vol. II, pp. 244-302]: Veterinaria (*Elementos de Química y Física*) y Profesorado Mercantil (*Conocimiento de las primeras materias y de las manufacturas y objetos comerciales que con ellas se fabrican, y nociones de Física y Química indispensables para este estudio*).

En este momento, en la Universidad Central situada en Madrid y en las 9 Universidades de distrito (Barcelona, Granada, Oviedo, Salamanca, Santiago, Sevilla, Valencia, Valladolid y Zaragoza), se podían realizar diferentes estudios que contemplaban la enseñanza de la química. También se encontraban instituciones no universitarias que auspiciaban estudios químicos, como el paradigmático caso de Barcelona y su Junta de Comercio.

El plan Moyano no sólo sobrevivió a los vaivenes políticos de esta época, sino que los diferentes ministros se encargaron de elaborar los reglamentos que aseguraron su aplicación. Los planes de estudio de la Facultad de Ciencias no cambiaron sustancialmente su estructura con las convulsiones políticas producidas en el último tercio del siglo (1861-1890), incluida la 3ª guerra carlista (1872-1876) [BARATAS, 1992, p. 8].

Conclusiones y Consideraciones finales

A la espera de una mayor profundización en este tema, se puede afirmar que, por lo que respecta a la docencia de la química en España, a medida que avanzó el siglo XIX, el estudio de esta disciplina fue ganando en calidad y en especialización, ya que se crearon asignaturas como *Química Inorgánica*, *Química Orgánica*, *Ampliación de Química*, etc. El número de profesores que se dedicaron a ella fue relativamente elevado, y de forma progresiva fue cambiando la manera de enseñar los conceptos científicos, a partir, sobre todo, de manuales, bien traducidos de autores extranjeros, o bien redactados por el propio profesor. De hecho, los docentes que tenían un manual que sirviera de texto a la asignatura que impartían, obtenían un porcentaje sobre el número de ejemplares vendidos. Si su libro era considerado de texto por el Gobierno, entonces las ventas estaban aseguradas. Incluso hubo disposiciones legales (R.O. de 24/4/1849, publicada en la *Gaceta de Madrid* de 27/4/1849) para que los alumnos «no descuidasen» comprar el libro de texto designado por el catedrático.

Además, y de acuerdo con los autores estudiados, la expansión industrial tuvo lugar en España con un notable retraso respecto a los restantes países de Europa Occidental, si bien a finales del siglo XIX, la imposición de aranceles proteccionistas permitió un cierto desarrollo de la industria química española. Como consecuencia se crearon factorías principalmente de tipo inorgánico (Unión Española de Explosivos en 1896, Electroquímica de Flix en 1897, Ashland en 1902, Carburos Metálicos en 1904, etc.), que se ubicaron en su mayor parte en Cataluña y en el País Vasco. Durante la primera Guerra Mundial la industria química española pasó por un periodo de prosperidad, sufriendo a continuación los efectos de la crisis económica de 1929.

El caso de la industrialización de Vizcaya en general y de Bilbao y su «ría prodigiosa» en particular, ha sido estudiado en profundidad por García Castresana [2001, 2002 y 2004]; analizar cuáles fueron los libros de texto que ayudaron a la industrialización durante esta época en este territorio histórico será objeto de un nuevo trabajo.

NOTAS

1. Este trabajo ha sido parcialmente financiado gracias al Proyecto de Investigación «EHU07/02 PELLÓN GONZÁLEZ».
2. Estos archivos son: el Archivo General de la Administración Civil del Estado (Sección de Educación y Ciencia), que se denominará desde ahora con las siglas A.G.A.(E.C.); el Archivo del Instituto de Bachillerato Usandizaga (A.I.B.U.), el Archivo del Real Seminario de Bergara (A.R.S.) y el Archivo Municipal de Bergara (A.M.B.).
3. Entre ellos destacan BENSAUDE - VINCENT [1997], FURTER [1980], IHDE [1984], JAFFE [1976], KNIGHT [1995], LEICESTER [1971], LEVERE [1993], NYE [1993], PARTINGTON [1961-1970] y THACKRAY [1970].
4. Se aprobó por R.O. de 17/9/1845, se publicó en la *Gaceta de Madrid* de 25/9/1845, y está reproducido en ÁLVAREZ DE MORALES [1972, pp. 629ss.], y en PUELLES [1979, pp. 191-239]. A pesar de estar firmado por Pidal, se considera que el auténtico artífice del plan fue uno de sus oficiales, apellidado Gil de Zárate.
5. Plan de Estudios decretado por Su Majestad el 28/8/1850, con el reglamento para su ejecución, el 10/9/1851. *Gacetas de Madrid* del 3 al 6 /9/1850 y del 12 al 16/9/1850.
6. La química se incorporó en 1838 a los planes de estudio de la Escuela de Ingenieros de Caminos, entre otras asignaturas [GÓMEZ PORTILLA, 1984, pp. 103-115]. Más información sobre el nacimiento y la evolución de este centro y de otras Enseñanzas Técnicas, en VIÑAO [1984, pp. 117-134].
7. La carrera de Ingeniero de Minas se creó como tal en 1833, y se estableció en Madrid en 1835 [ALONSO VIGUERA, 1961, p. 12].
8. Las Escuelas de Agricultura se crearon, al igual que las de Ingenieros Industriales, en 1850, con el R.D. de 8/9/1850 (*Gaceta de Madrid* del 10/9/1850). Sus enseñanzas eran de tres clases: Elemental, de Ampliación (en cuyo primer año se impartían *Elementos de química*), y Superior de Aplicación.
9. *Gaceta de Madrid* del 8/9/1850. Creación de Escuelas Industriales. R.D. de 4/9/1850, firmado por Manuel de Seijas Lozano, Ministro de Comercio, Instrucción y Obras Públicas.
10. El plan orgánico y el reglamento que aseguraron la puesta en marcha de las Escuelas Industriales correspondieron a los R.D. de 20 y 27/5/1855, respectivamente. La evolución de estas enseñanzas se puede encontrar en CABALLER, LLOMBART & PELLÓN, 2001; CANO PAVÓN, 1996; LUSA, 1994.
11. R.O. publicada en la *Gaceta de Madrid* de 26/8/1866. ALONSO VIGUERA [1961, p. 82].

12. En 1897 se publicó un R.D. que aprueba su creación, pero, debido a diferentes problemas, la Escuela de Bilbao no se inauguró hasta 1899 [GARÁIZAR, 1997].
13. Están recopilados en GAGO & PELLÓN [1994] y en PELLÓN & ROMÁN [1999].
14. El 1/5/1815 se asignaron 120.000 reales para sueldos, compra de libros e instrumentos necesarios para la enseñanza de la química y la mineralogía, pero esta dotación sólo se cobró durante un año (A.R.S., C/095-01 a 20, y C/093-05: «Impreso dirigido al Congreso solicitando la misma dotación la ampliación de su enseñanza a Universidad de segunda clase. Vergara, 14 de febrero de 1822»).
- A.R.S., C/095-01 a 20, y C/093-05: *Distribución que debe darse por ahora a los fondos que resulten aplicables a la Universidad* [de Bergara] (Madrid, 29 de octubre de 1822 / Vergara, 12 de diciembre de 1822), y *Plan literario para el curso próximo* (Madrid, 29 de octubre de 1822 / Vergara, 12 de diciembre de 1822).
- A.R.S., C/085-01 a 13: Borrador de una carta dirigida a los «Ilustrísimos Señores Directores Generales de Estudios del Reyno» (4 de enero de 1823), firmada por D. Y. [Muy probablemente, Domingo de Yribe, director del centro].
15. A.R.S., C/095-01 a 20, y C/093-05: *Plan literario...* (Madrid, 29/10/1822 / Vergara, 12/12/1822).
16. Fue creada por R.O. de 30/8/1848. A.M.B., C/125, Clasif. B-10.
17. Se ha realizado un estudio en profundidad de esta institución por CABALLER, LLOMBART & PELLÓN [2001].
18. A.I.B.U., Sección I, Apdo. D, libro 3: *Libro de Inventario de la Escuela Industrial de Vergara: Relación de los libros adquiridos por cuenta de la Escuela Industrial* (1852-diciembre 1858).
19. Ministerio de Comercio, Instrucción y Obras Públicas: Creación de Escuelas Industriales. R.D. de 5/9/1850, publicado en la *Gaceta de Madrid* del 8/9/1850, pp. 1-3.
20. A.I.B.U., Sección I, Apartado D, Legajo 3: *Libro de Inventarios de la Escuela Industrial de Vergara: «Inventario de los objetos y productos existentes en el laboratorio de Química del Seminario Científico-industrial de Bergara en el día 1º de noviembre de 1854 según lo había formado el Ayudante de Química».*
21. Por R.O. de 1/10/1860. A.M.B., B-10-I, C/124-02: «Informe presentado por el director [Carlos Uriarte] del Instituto Provincial guipuzcoano al Excmo. Sr. Director General de Instrucción Pública. San Sebastián, 31 de octubre de 1879».
22. El 31/10/1873. A.M.B., B-10-I, C/124-02: «Informe...».
23. El traslado tuvo lugar por R.O. de 28/11/1873. A.M.B., F-I-1, Caja 126: Carta dirigida al Ayuntamiento de Vergara por José Luis [ilegible], miembro de la «Comisión Provincial de Hospitales y Salubridad Pública de Guipúzcoa» (Azcoitia, 24/3/1875).
24. La solicitud la efectuó Rafael Menéndez, director de la revista mensual *El Santísimo Rosario* el 22/12/1892; el Ayuntamiento de Vergara concedió el permiso para instalar la citada imprenta el 3/1/1893. A.M.B., F-I-1, Caja 126.
25. Esta ley de bases se puede consultar en PUELLES [1979, vol II, pp. 241-243].

BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO VIGUERA, J.M. (1961) *La ingeniería industrial española en el siglo XIX*. Madrid, Sección de Publicaciones de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, 2ª ed.
- ÁLVAREZ DE MORALES, A. (1972) *Génesis de la Universidad española contemporánea*. Madrid, Instituto de estudios administrativos.
- ANTWERPEN, F.J. van (1980) «The origins of Chemical Engineering». En: W.F. Furter (ed.) *History of Chemical Engineering*. Washington, American Chemical Society, 1-14.
- BARATAS DÍAZ, L.A. & FERNÁNDEZ PEREZ, J. (1992) «La enseñanza universitaria de las Ciencias Naturales durante la Restauración y su reforma en los primeros años del siglo XX». *Llull*, 15 (28), 7-34.
- BENSAUDE-VINCENT, B. / STENGERS, I. (1997) *Historia de la química*. Madrid, Addison-Wesley.
- BERTOMEU, J. R. (2008) *Historia de la Química*. Página web consultada el 22. V.2008: <http://www.uv.es/~bertomeu/material/museo/INDEX.html>.
- CABALLER, Mª C., GARÁIZAR, I. & PELLÓN, I. (1997) «Los estudios científicos en el 'Real Seminario Científico-Industrial de Vergara' (1850-1860)». *Llull*, 20 (38), 85-116.
- CABALLER, Mª C., LLOMBART, J. & PELLÓN, I. (2001) *La Escuela Industrial de Bergara (1851-1861)*. Donostia-San Sebastián, Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Guipúzcoa.
- CANO PAVÓN, J.M. (1996) «Enseñanza de la ingeniería industrial en España (1850-1868)». *Llull*, 19 (32), 27-49.
- DAVIES, J.T. (1980) «Chemical Engineering: How did it begin and develop?». En: W.F. Furter (ed.) *History of Chemical Engineering*. Washington, American Chemical Society, 15-43.
- ESCOSURA MORROGH, L. de la (1846) *Descripción de las minas de la provincia de Zamora*. Madrid, Corrales y Comp.
- FRAGA, X.A. (1995) «El plan de la Real Escuela Práctica de Química de Madrid (1803), una alternativa institucional para la incorporación de la Química en el estado español». *Llull*, 18 (31), 35-65.
- FURTER, W.F. (ed.) (1980) *History of Chemical Engineering*. Washington, American Chemical Society.
- GAGO BOHORQUEZ, R. (1984) «La enseñanza de la Química en Madrid a finales del siglo XVIII». *Dynamis*, 4, 277-300.
- GAGO BOHÓRQUEZ, R. & PELLÓN GONZÁLEZ, I. (1994) *Historia de las Cátedras de Química y Mineralogía de Bergara a finales del siglo XVIII*. Bergara, Ayuntamiento de Bergara.

- GARÁIZAR, I. (1997) *La Escuela Especial de Ingenieros Industriales de Bilbao (1897-1936). Educación y tecnología en el primer tercio del siglo XX*. Tesis doctoral inédita. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación de Bilbao (UPV/EHU).
- GARCIA CASTRESANA, L.A. (2001) «La Dinamita de Galdácano. Más de un siglo de la Industria Química en el País Vasco». En: M.L. Álvarez Lires *et al.* (coords.) *Estudios de Historia das Ciencias e das Técnicas. Actas del VII Congreso de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas celebrado en Pontevedra en septiembre de 1999*. Vigo, Diputación Provincial. Servicio de Publicacións, vol. II, 761-772.
- (2002) «The Estuary of Bilbao and its influence on the chemical industry development in Vizcaya». En: M.A. Iglesias Martín (coord.) *3rd. International Congress on Maritime Technological Innovations and Research. Bilbao, 6, 7 and 8 november 2002*. Bilbao, Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco, vol. I, 527-535.
- GARCIA CASTRESANA, L.A. & PELLÓN GONZÁLEZ, I. (2004) «Las fuentes orales en Historia de la Ciencia. Notas metodológicas sobre un caso concreto: la industria química vizcaína». En: *Actas del VIII Congreso de la SEHCYT. Logroño, 16-20 septiembre de 2002*. Logroño, Universidad de La Rioja - Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas, 151-159.
- GÓMEZ PORTILLA, P. (1984) «El proceso de formación de la ingeniería civil. La creación del Cuerpo y Escuela de Ingenieros de Caminos». En: J. Echeverría & M.S. de Mora de Charles (eds.) *Actas del III Congreso de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias. San Sebastián, 1-6 de octubre de 1984*. San Sebastián, Editorial guipuzcoana, 103-115.
- GRUPO HEUREMA (2008) *Educación Secundaria. Enseñanza de la Física y la Química*. Página web consultada el 22.V.2008: <http://www.heurema.com/QG3.htm>.
- HORMIGÓN, M. & AUSEJO, E. (1997) *La historia de la industrialización de Zaragoza. Volumen I*. Zaragoza, Confederación de Empresarios de Zaragoza.
- IHDE, A.J. (1984) *The development of modern chemistry*. New York, Dover publications inc.
- JAFFE, B. (1976 reimp.) *Crucibles: The history of Chemistry. From Ancient Alchemy to Nuclear Fission*. Fourth edition. New York, Dover publications.
- KNIGHT, D.M. (1995) *Ideas in Chemistry. A History of Science*. London, The Athlone Press.
- KRAGH, H. (1989) *Introducción a la Hª de la Ciencia*. Barcelona, Editorial Crítica.
- LEGARRETA FERNÁNDEZ, J.A. & ARIAS ERGUETA, P.L. (1986) «La Ingeniería Química: Profesión y Docencia». *Ingeniería Química*, 217, mayo, 171-181.

- LEICESTER, H.M. (1971 reimp.) *The Historical Background of Chemistry*. New York, Dover publications.
- LEVERE, T.H. (1993) *Affinity and Matter. Elements of Chemical Philosophy (1800-1865)*. Great Britain, Oxford University Press. Reimpresión de la 1ª edición, 1971.
- LUSA, G. (1993) «La creación de la Escuela Industrial barcelonesa (1851)». En: V. Navarro, V. et al. (coords) *II Trobades d'Història de la Ciència i de la Tècnica*. Barcelona, Societat Catalana d'Història de la Ciència i de la Tècnica, 151-159.
- (1994) «Industrialización y educación: los ingenieros industriales (Barcelona, 1851-1880)». En: R. Enrich et al (coords) *Tècnica i societat en el món contemporani*. Sabadell, Museu d'Història de Sabadell, 61-78.
- MIEG, J. (1840) *Colección de problemas y cuestiones sobre la Física y la Química*. Madrid, Pedro Sanz y Sanz.
- NYE, M.J. (1993) *From Chemical Philosophy to Theoretical Chemistry. Dynamics of matter and dynamics of disciplines 1800-1950. The History of Modern Physics, 1800-1950*. Berkeley - Los Angeles - London, Univ. of California Press.
- PAFKO, W.M. (2008) *History of Chemical Engineering*. Página web consultada el 15/03/08: www.pafko.com/history/
- PARTINGTON, J.R. (1961-70) *A History of Chemistry*. London, Macmillan & Co. Ltd. 4 vols.
- PELLÓN, I. (1998) *La recepción de la Teoría Atómica Química en la España del siglo XIX*. Bilbao, Servicio de publicaciones de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU).
- PELLÓN, I. & ROMÁN, P. (1999) *La Bascongada y el Ministerio de Marina. Espionaje, ciencia y tecnología en Bergara (1777-1783)*. Bilbao, Real Sociedad Bascongada de los Amigos del País.
- PUELLES, M. (comp.) (1979-89) *Historia de la educación en España. Textos y documentos*. Madrid, Secretaría General Técnica, Ministerio de Educación.
- PUERTO, J. (1994), «La huella de Proust: el laboratorio de Química del museo de H^a Natural». *Asclepio, XLVI (1)*, 197-221.
- RODRÍGUEZ, J. (2008) *Historia de la Alquimia*. Página web consultada el 4 de junio de 2008: http://www.ucm.es/BUCM/foa/exposiciones/17Alquimia/alquimia_castellano/Secciones.htm#_ftnref3
- SILVA SUÁREZ, M. (ed.) (2004-8) *Técnica e Ingeniería en España*. Zaragoza, Real Academia de Ingeniería, Institución «Fernando el Católico», Prensas Universitarias de Zaragoza. 5 vols.
- (2006) *Ingeniería y Universidad. Sobre dos rememoraciones y un ámbito de investigación pluridisciplinar. Lección inaugural del curso 2006-2007 de la Universidad de Zaragoza, 20 de septiembre de 2006*. Zaragoza, Universidad de Zaragoza.

- THACKRAY, A. (1970) «Science and technology in the Industrial Revolution». *History of Science*, 9, 76-89.
- TOCA, A. (1997) «Industria química y cambio tecnológico: El proceso electrolítico Solvay en Torrelavega». *Quaderns d'Història de l'Enginyeria*, volum II, 1997, pp. 40-69.
- VALLEJO, J. M. (1839) *Memoria en que se trata de algunos puntos relativos al sistema del mundo... poniendo en ejecución el contenido del Tratado de las Aguas...* Madrid, Garrasayaza.
- VEGA MICHE, R. (2008) *Historia de la Química*, Página web consultada el 22.V.2008: http://www.fq.uh.cu/fich.php?id=12&in_id=3&in_id2=1.
- VIÑAO, A. (1984) «Enseñanza y corporativismo: Notas sobre el nacimiento y evolución de las enseñanzas técnicas en el siglo XIX». *Anales de Pedagogía*, 2, 117-134.

