

ANALES DE LA REAL SOCIEDAD ESPAÑOLA DE QUIMICA, 2008, 1, 56-63

La historia de la química: Pequeña guía para navegantes.

Parte I: Viejas y nuevas tendencias

Resumen: Esta guía consta de dos partes. En la primera se describe el desarrollo de la historia de la química como área de investigación. Se analizan tanto los primeros trabajos de los químicos-historiadores de los siglos XVIII como las obras de los autores del siglo XIX como Hermann Kopp. También se estudia la incipiente institucionalización en las primeras décadas del siglo XX, con especial atención a las obras de Héléne Metzger y Aldo Mieli. Finalmente, se discuten las principales tendencias actuales. En un próximo artículo se ofrecerá una lista ordenada de recursos bibliográficos y electrónicos para trabajar en historia de la química.

Palabras clave: Historia de la química, historiografía, Hermann Kopp, Héléne Metzger, Aldo Mieli.

Abstract: This guide has two closely related parts. The first part describes the development of history of chemistry as an academic discipline. The paper also analyses the most important books written by the first chemists-historians during the eighteenth and nineteenth Centuries and particular attention is paid to the encyclopaedic work of Hermann Kopp. The early twentieth-century embryonic institutionalization is discussed in another section, in which the influential contributions made by Héléne Metzger and Aldo Mieli are analysed. The last section offers a brief overview of current trends in history of chemistry. The second part of this guide will offer a list of bibliographic and electronic resources for historians of chemistry.

Keywords: History of chemistry, historiography, Hermann Kopp, Héléne Metzger, Aldo Mieli.

José Ramón Bertomeu Sánchez,^[a] Antonio García Belmar^[b]

[a] J. R. Bertomeu Sánchez, Instituto de Historia de la Ciencia y Documentación "López Piñero", Facultad de Medicina, Universitat de València-CSIC, Blasco Ibáñez, 17, 46010 València. C-e:bertomeu@uv.es

[b] A. García Belmar, Departamento de Enfermería Comunitaria, Medicina Preventiva y Salud Pública e Historia de la Ciencia, Universidad de Alicante, Campus de Sant Vicent del Raspeig, Apartado 99, 03080 Alicante. C-e:belmar@ua.es

Introducción

La historia de la química es un área de estudios que se encuentra presente en muchas universidades y centros de investigación de Europa y EE.UU. Se trata de una especialidad de la historia de la ciencia, por lo que comparte métodos, problemas, fuentes y objetos de estudio con otras disciplinas históricas. También tiene fuertes relaciones con la didáctica y la filosofía de las ciencias. Muchas de las personas que trabajan en esta área tienen una formación previa en ciencias y han completado sus estudios con cursos de postgrado en historia o han realizado su formación posdoctoral en historia de la ciencia. También existe un número creciente de personas con formación en disciplinas humanísticas (sobre todo en historia) que realizan su posterior especialización en historia de la ciencia. Por otra parte, un gran número de científicos y profesores de ciencias en activo realizan valiosas aportaciones a la historia de la ciencia, sin dejar por ello de continuar con sus investigaciones en el laboratorio o con sus clases de ciencias. Todo ello hace que la ubicación institucional de los historiadores de la química sea diversa, del mismo modo que también lo son los planteamientos y los objetivos de los trabajos, los

cuales son publicados en una gran variedad de revistas, desde publicaciones especializadas en historia de la ciencia hasta obras de didáctica de la ciencia, revistas científicas o de sociedades científicas, revistas de historia industrial o económica, etc. La diversidad de objetivos, enfoques, formaciones, instituciones y publicaciones proporciona una gran riqueza a la disciplina pero, al mismo tiempo, dificulta el acercamiento a los que pretenden adentrarse en la historia de la química. Esta pequeña revisión pretende ofrecer una guía orientativa en este campo de estudios. Consta de dos partes muy relacionadas entre sí. La primera parte describe el desarrollo de la historia de la química como área de investigación, desde sus orígenes hasta el siglo XX. Servirá también como primera orientación bibliográfica sobre algunos temas. La segunda parte ofrecerá una lista ordenada de recursos bibliográficos indispensables para trabajar en historia de la química, así como las características de las principales instituciones europeas dedicadas a la historia de la química, a partir de una encuesta recientemente realizada por la sociedad europea de sociedades químicas (EuCheMs).^[1]

Los químicos-historiadores

Se han escrito obras de historia de la química desde que existe química. En muchos libros se suele mencionar como punto de partida el debate de Hermann Conring (1606–1681) y Ole Borch (1626–1690) sobre los orígenes de la alquimia que dio lugar a varias publicaciones con abundante información histórica. A lo largo del siglo XVIII se publicaron ya una gran cantidad de obras dedicadas a la historia de la química. Marco Beretta ha reunido más de cuarenta textos publicados en diversos países europeos entre las que resulta posible encontrar diversos enfoques y planteamientos.^[2] A finales de ese siglo y principios del siguiente, se publicaron las primeras obras plenamente dedicadas a la historia de la química. Las más importantes fueron escritas por Johann Friedrich Gmelin (1748–1804) –su *Geschichte der Chemie* en tres volúmenes contiene abundante información bibliográfica todavía valiosa– y Johann Bartholomäus Trommsdorff (1770–1837). En Gran Bretaña, la primera gran historia de la química en lengua inglesa fue escrita por Thomas Thomson (1773–1852), colaborador de Dalton y autor de importantes libros de texto de química.^[3] En Francia, los pioneros de este género fueron Ferdinand Hoefer (1811–1878) y Jean Baptiste Dumas (1800–1884). El primero había estudiado medicina pero se especializó en filosofía y lenguas clásicas, por lo que pudo leer un gran número de textos de la historia de la alquimia que tradujo y reprodujo en sus obras. Además de su *Histoire de la chimie* en dos volúmenes, Hoefer fue autor de un gran número de obras de divulgación, incluyendo un brillante libro destinado a la enseñanza de la química a través de las biografías de los más importantes químicos del pasado. La obra del químico Jean Baptiste Dumas procedía de sus cursos en el Collège de France, donde exaltó la figura de su ompatriota Lavoisier, del que acabaría realizando la edición de sus obras.^[4]

Sin embargo, la obra más importante de historia de la química del siglo XIX fue publicada entre 1843 y 1847 por el joven químico centroeuropeo Hermann Kopp (1817–1892), después de varios años de impartir clases de historia de la química en la Universidad de Giessen. Kopp tenía un buen conocimiento de griego y de latín y, al contrario que Hoefer, fue un químico en activo que realizó contribuciones destacadas durante los años en los que aparecieron sus obras históricas. Durante mucho tiempo proyectó una segunda edición de su *Geschichte der Chemie* que nunca llegó a producirse. En su lugar, publicó un *Beiträge zur Geschichte der Chemie* (1869, 1875), en el que se ocupaba sobre todo de las épocas más antiguas, y *Die Entwicklung der Chemie in der neuen Zeit* (1873), que, aunque comenzaba a mediados del siglo XVII, estaba principalmente dedicada al siglo XIX. Al final de su vida publicó un importante estudio sobre la historia de la alquimia.^[5]

La obra de Hermann Kopp contiene una amplia discusión acerca de los objetivos y los métodos de la historia de la química. Según este químico alemán, el objetivo de una historia general de la química (“allgemeine Geschichte der Chemie”) era conocer el desarrollo de los conocimientos científicos a lo largo del tiempo, con mayor atención a las teorías generales que al estudio de las sustancias químicas particulares.

Las investigaciones sobre sustancias concretas sólo interesaban a Kopp en la medida que habían influido en el conjunto de las doctrinas químicas. Desde el punto de vista de tal historia, Kopp pensaba que la química presentaba una singularidad respecto a otras ciencias: su objeto de estudio había cambiado completamente a lo largo del tiempo. El objeto de estudio de una ciencia era –según Kopp– aquello permitía definirla y diferenciarla del resto. Así como algunas ciencias habían cambiado de nombre a lo largo de la historia, en el caso de la química un mismo nombre había estado asociado con diferentes tareas y objetivos. Por ello, se preguntaba Kopp si la historia de la química podía equipararse a la historia de una ciencia. La respuesta se encontraba para Kopp en el auténtico objeto de la química: el estudio de la composición y la descomposición de los cuerpos. A lo largo de la historia, el análisis químico había jugado un papel importante, si bien sólo como un medio para alcanzar un fin diferente como la fabricación de oro (alquimia) o la producción de medicamentos químicos (medicina). Esto permitía establecer un vínculo entre el pasado y el presente de la química que hacía posible la redacción de una historia de la química. Kopp discutía también en su introducción las relaciones entre la historia de la química, la de las otras ciencias y la historia general de la humanidad. Estaba convencido de que el historiador debía estudiar el efecto de importantes acontecimientos históricos (*welthistorisches Ereigniss*) en el desarrollo de la ciencia. Kopp prestó más atención a la influencia de factores culturales que a los condicionantes sociales y económicos. Aunque reconocía las relaciones entre el estado de una ciencia y el resto de conocimientos humanos (*allegemeinen Ingelligenz*) y la dependencia de sus investigaciones con el impulso global del intelecto (*geistigen Gesamimpuls*), consideraba que tales influencias eran significativas en los primeros momentos de constitución de una ciencia. Cuando las ciencias alcanzaban cierto grado de independencia, el poder de tales factores externos descendía, aunque no desaparecía totalmente. Por ello, el historiador alemán prestó atención a cuestiones como las consecuencias de la revolución francesa en el desarrollo de la química.^[6] Esta riqueza de planteamientos y la matizada discusión de problemas de la obra de Hermann Kopp contrasta con un debate que ocupó a muchos químicos-historiadores de la segunda mitad del siglo XIX. Se trató de un debate propiciado por el químico alsaciano Adolphe Wurtz (1817–1884) en su *Histoire des doctrines chimiques*, con la que iniciaba su diccionario de química. De manera provocativa Wurtz afirmaba en 1868 que “La química es una ciencia francesa: fue constituida por Lavoisier, de inmortal memoria”. Sus colegas alemanes e ingleses protestaron y aportaron pruebas de las contribuciones de los químicos de sus países. El hallazgo de los documentos de laboratorio de Lavoisier abrió las puertas a un análisis más sosegado de sus contribuciones. El libro realizado por Marcellin Berthelot (1827–1907), titulado *La Révolution Chimique, Lavoisier*, apareció durante los años conmemorativos de la revolución francesa, que en esta ocasión coincidieron con la primera celebración del centenario de la muerte de Lavoisier.^[7]

También los químicos españoles del último tercio del siglo XIX y principios del XX se interesaron por la historia de su disciplina. Algunos de ellos fueron los más importantes químicos españoles del momento. Tal es el caso de Enrique Moles (1883–1953) que redactó varios pequeños escritos sobre la historia de la química española durante los años treinta de este siglo, cuando se encontraba en un momento cumbre de su carrera. Del mismo modo, Magín Bonet i Bonfill (1818–1894), sus discípulos Juan Fages i Virgili (1862–1911) y José Rodríguez Moruelo, José Ramón de Luanco (1825–1905) o José Rodríguez Carracido (1856–1928) escribieron textos semejantes que, en algunos casos, fueron motivados por su aceptación ante instituciones científicas como la Academia de Ciencias. No resulta extraño, por lo tanto, que sus escritos históricos contengan una reflexión sobre los problemas de la investigación experimental en España. Moles y Carracido prefirieron la perspectiva biográfica y analizaron la labor de ciertos investigadores españoles, con especial atención a los metalúrgicos de los siglos XVI y XVII y los químicos de finales de la Ilustración. Otros químicos-historiadores prefirieron la historia institucional, como el estudio de Fages y Virgili sobre la Real Sociedad Bascongada de Amigos del País de Vergara, continuados más adelante por Leandro Silván. Mucho menos habituales fue entre los españoles la “historia de las teorías químicas”, tal y como la practicaron otros “químicos-historiadores” de esos años. En este terreno, sólo se interesaron por vindicar los descubrimientos realizados por los autores españoles, dando lugar a polémicas sobre la prioridad. Un ejemplo suficientemente ilustrativo lo ofrece el artículo de Enrique Moles titulado “Wolframio, no tungsteno... vanadio o eritronio”, en el que reivindica la prioridad de dos autores españoles de finales del siglo XVIII –los hermanos Delhuyar y de Andrés Manuel del Río, respectivamente– en el descubrimiento de estos elementos. Este ejemplo muestra que una de las principales motivaciones de este tipo de estudios fue la exaltación nacionalista o patriótica, tal y como se puede comprobar en los estudios sobre “la labor de Louis Proust”. En este sentido, los estudios de los químicos-historiadores españoles se deben situar en el contexto de la llamada “polémica de la ciencia española”, un debate que arranca en el siglo XVIII y que dividió a científicos e historiadores españoles en torno a la cuestión: ¿qué debe la ciencia a España?^[8,9,10]

La historia de la ciencia como disciplina académica

En los años de transición del siglo XIX al XX se publicaron un gran número de historias de la química y se generalizaron los cursos de esta materia en las facultades de ciencias. Al mismo tiempo, se produjo la aparición de las primeras instituciones dedicadas plenamente a la historia de la ciencia, dando lugar a los primeros centros de investigación, bibliotecas, cursos, revistas y publicaciones especializadas, es decir, muchos de los ingredientes indispensables para un área académica. En el caso de la historia de la química,

estos desarrollos se produjeron gracias los estudios sobre los períodos más remotos de la historia de la química, especialmente la alquimia árabe y el paracelsismo, dos temas con fuertes conexiones con la historia de la medicina. Dentro de este línea de estudios merecen destacarse los trabajos sobre Paracelso de Franz Strunz (1875–1953), Julius Pagel (1851–1912) y Karl Sudhoff (1853–1958) y los estudios sobre la alquimia de Edmund O. von Lippman (1857–1940), Julius Ruska (1867–1949) y Paul Kraus (1904–1944), que serían, como veremos más adelante, el núcleo inicial de la más importante revista de historia de la química: *Ambix*.^[11,12]

Los trabajos del belga George Sarton (1884–1956) contribuyeron decisivamente a la consolidación de la historia de la ciencia como disciplina académica, especialmente en Estados Unidos. Bajo la inspiración de Paul Tannery (1843–1904), desarrolló el programa de la historia general de las ciencias cuyo objetivo era analizar la influencia mutua entre las diferentes disciplinas así como su relación con el marco económico y social en el que se desarrollaron.^[13,14] Con este programa en mente, Sarton comenzó en Bélgica la publicación de los primeros números de su revista *Isis* (1913–) poco antes de que la primera guerra mundial le condujera a exiliarse a EE.UU. donde fundó la *History of Science Society* en 1924. Sarton contó con la ayuda de varios químicos interesados en la historia como Edgar Fahs Smith (1854–1955) (Universidad de Pennsylvania) y Charles Browne (1870–1947) (*Bureau of Chemistry of the Department of Agriculture*). El primero jugó un papel destacado en la creación, dentro de la *American Chemical Society*, las secciones *Chemical Education* y *Historical Chemistry* e impulsó la publicación de estudios históricos en el *Journal of Chemical Education* (1923–). En Harvard, Sarton pudo contar inicialmente con el apoyo del bioquímico L. J. Henderson (1878–1942), que venía impartiendo un curso de historia de la ciencia desde 1911, y, más adelante, del también químico James B. Conant (1893–1978) que inspiraría los famosos “Harvard Case Studies” sobre historia de la ciencia, que comentaremos más adelante. La importancia de este grupo de químicos entre los pioneros de la historia de la ciencia norteamericana ha llevado a afirmar que “at Harvard, as elsewhere, the history of chemistry was godmother to the history of science” en EE UU.^[15]

También en Italia y en Francia se produjo a principios del siglo un importante desarrollo de la historia de la ciencia en la que participaron los historiadores especializados en la química. En Italia, los trabajos de Icilio Guareschi sirvieron para conocer contribuciones de los químicos italianos de los siglos XVIII y XIX.^[16] En 1907, se produjo la constitución oficial de la *Società Italiana di storia critica delle scienze mediche et naturali* que, poco después, en 1910, inició la publicación de la *Rivista di storia critica delle scienze mediche e naturali*. Fue esta revista donde Aldo Mieli (1879–1950), que impartía clases de historia de la química en Roma, publicó sus primeras contribuciones a la historia de la ciencia, algunas de las cuales estaban dedicadas a comentar los

trabajos de Pierre Duhem. Más adelante, tras la primera guerra mundial, Mieli fundó el *Archivio di storia della scienza*, que, más adelante se transformó en *Archeion*. Desde esta revista, Mieli trató de impulsar una organización internacional de historia de la ciencia que, finalmente, se plasmaría en el Congreso de Ciencias Históricas de Oslo del año siguiente, donde se creó un comité internacional de historia de las ciencias que fue la base de la futura Academia Internacional de Historia de las Ciencias.

El programa internacionalista defendido por Mieli se vio truncado con el ascenso del fascismo, que condujo al historiador italiano al exilio en París, donde entró en contacto con Héléne Metzger (1889–1944), la más importante historiadora de la química de esos años. Metzger había publicado en 1923 el primer volumen de lo que pretendía ser «une vaste enquête» sobre «l'évolution des doctrines chimiques depuis le début du XVII^e jusqu'à la fin du XVIII^e siècle». Este primer volumen estaba dedicado principalmente a los libros de texto de química del siglo XVII y principios del siglo XVIII^[17] y fue continuado por un segundo volumen dedicado a *Newton, Stahl y Boerhaave* (1930).^[18] Metzger mantuvo contactos con historiadores de la ciencia extranjeros, como George Sarton, y colaboró regularmente con la revista *Isis*, donde publicó importantes estudios sobre la química de Stahl. También participó en los primeros congresos internacionales de historia de la ciencia celebrados en París (1929), Londres (1931), Coimbra (1934) y Praga (1937) y colaboró con el *Institut d'histoire des sciences de l'Université de Paris* que dirigía Abel Rey.^[19,20]

Las críticas de Metzger a los químicos-historiadores son semejantes a las que realizó Mieli. Consideraban absurdo transformar las narraciones históricas en una especie de “palmarés de distribución de premios”, donde el historiador se limitaba a aquilatar los méritos de cada químico del pasado, provocando así interminables polémicas de prioridad. También promovieron la superación de la historia heroica de la ciencia, en la que un grupo de grandes genios parecían ser los creadores de todo el saber científico. Remarcaron la necesidad que el historiador se hiciera, en cierto modo, “el contemporáneo de los autores que estudia” y defendieron la integración de métodos adoptados por otras disciplinas hermanas como la historia de la literatura o la historia de la filosofía. Pretendían así evitar los peligros del presentismo, es decir, “juzgar el valor de la ciencia obsoleta a partir de la luz fulgurante de nuestras teorías contemporáneas”, lo que, según Metzger, impedía la comprensión de las obras del pasado. También criticó Metzger las pretensiones amoldar la historia de la ciencia a ciertas concepciones previas sobre la historia o sobre la ciencia.^[21]

Los años finales de la vida de Mieli y Metzger muestran las trágicas consecuencias que tuvo la Segunda Guerra Mundial en la incipiente institucionalización de la historia de la ciencia en Europa. Metzger murió en el campo de exterminio nazi de Auschwitz en 1944 y dejó inacabados muchos de sus proyectos. Huyendo también de la guerra, Mieli volvió de nuevo a emigrar a Argentina, donde continuó

la publicación de su revista hasta 1943. Allí fundó un Instituto de Historia y Filosofía de la Ciencia, que tuvo corta duración, y comenzó la publicación de un *Panorama general de la historia de la ciencia* junto con una nueva versión castellana de sus estudios sobre Volta y Lavoisier que publicó la colección Austral de Espasa-Calpe.^[22,23,24]

Historia y didáctica de las ciencias

En países como Estados Unidos, la didáctica de las ciencias fue uno de los factores que más ha contribuido a la consolidación de la historia de la química. Como hemos visto, la *American Chemical Society* (ACS) creó una sección de *History of Chemistry* en 1923. El *Journal of Chemical Education*, que comenzó a ser publicado ese mismo año, como órgano tanto de la *Division of Chemical Education* como de la anterior sección de *History of Chemistry*, publicó abundantes textos de historia de la química. Algunos de los editores y colaboradores de esta revista fueron también importantes autores de obras de historia de la química como Henry Marshall Leicester Leicester (1906–1991) o Aaron J. Ihde (1909–2003). El primero comenzó su carrera en química orgánica en la Stanford University se interesó inicialmente por la historia de la química rusa, lo que le condujo a publicar diversos trabajos sobre autores como Butlerov y Lomonosov. Más adelante, al convertirse en profesor de bioquímica en San Francisco, sus investigaciones históricas se dirigieron hacia esta especialidad. Sus obras más conocidas, sin embargo, son su *Historical Background of Chemistry*, que ha sido traducido al castellano, y sus dos volúmenes de edición de textos clásicos.^[25,26,27,28]

También Aaron Ihde publicó una conocida historia general de la química que se transformó en una obra de referencia durante varias décadas. Su formación inicial fue en el campo de la química de alimentos, tema al que dedicó sus primeros estudios históricos. Sin embargo, en 1946 se hizo cargo de un curso de historia de la química en la Universidad de Wisconsin y transformó este tema en su principal centro de interés, lo que le permitió escribir su *Development of Modern Chemistry* en 1965, una obra que abarcaba principalmente la historia de la química contemporánea y que fue reeditada en varias ocasiones.^[29] Entre sus discípulos se encuentran algunos de los principales historiadores de la ciencia norteamericanos como Alan Rocke o Christopher Hamlin. También en esta línea merecen ser citados los trabajos del químico inglés James Riddick Partington (1886–1965) cuya enciclopedia de historia de la química sigue siendo la principal obra de referencia en la materia.^[30]

Las relaciones entre didáctica de las ciencias e historia de las ciencias fueron reforzadas después de la segunda guerra mundial con los trabajos realizados en Harvard por James B. Conant (1893–1978) que impulsó la publicación de los *Harvard Case Histories in Experimental Science*. Conant escribió también diversos folletos en los que pretendía contribuir al “public understanding of science” mediante esta aproximación histórica. Consciente de las muchas

investigaciones que todavía resultaba necesario realizar en este terreno, Conant realizó en 1946 un llamamiento a historiadores y didáctas para unir sus fuerzas en la producción de “extracts from the history of science which would be of importance to the college teacher”. En su pequeña pero difundida obra *On Understanding Science*, Conant ofrecía algunos ejemplos de cómo la historia de la neumática, de la electricidad o de los estudios sobre la combustión podía servir para discutir en las aulas “the Tactics and Strategy of Science”, un asunto que consideraba crucial en la formación del ciudadano medio.^[31,32]

Dentro de este programa, y gracias a su apoyo, el joven Thomas S. Kuhn escribió uno de sus primeros libros –*The Copernican Revolution*– que era el resultado de una serie de conferencias pronunciadas dentro del *Harvard General Course on Science*. Este trabajo fue el punto de partida de su famosa obra *The Structure of Scientific Revolutions*, que, por diversas razones, se transformó en un clásico de la historia y la filosofía de la ciencia de la segunda mitad del siglo XX. En esta obra, que ha influido en numerosas disciplinas, jugaba un importante papel diversos episodios relacionados con la revolución química.^[33] También en este ambiente se gestó la famosa *Introducción a los conceptos y teorías de las ciencias físicas* de Gerard Holton, aparecida por primera vez en 1952.^[34]

Los usos de la historia en la enseñanza de la química han seguido siendo un campo privilegiado de investigación hasta la actualidad.^[35] Se trata de una sección habitual en muchas revistas dedicadas a la enseñanza de las ciencias y existen incluso revistas internacionales como *Science & Education* que plenamente dedicadas a reunir trabajos de historia, filosofía y sociología de la ciencia con el fin de reflexionar sobre las prácticas didácticas.^[36] Tal y como se verá en un próximo artículo, existen numerosos cursos de historia de la ciencia dentro de los programas de formación de los profesores de ciencias que han dado lugar a grupos interdisciplinarios de didáctas e historiadores para desarrollar investigaciones conjuntas.

Tendencias actuales

Las últimas décadas han agudizado las diferencias entre químicos e historiadores en cuanto a objetivos, aproximaciones, métodos de trabajo imágenes y usos del pasado. La historia de la ciencia ha ampliado sus áreas de estudio, ha ganado terreno institucional y ha aumentado el número de investigadores con tesis doctorales en el área y formación multidisciplinar, lo que ha abierto las puertas a contactos fecundos con disciplinas como la sociología, la antropología y el resto de especialidades de la historia. Todo ello ha creado la necesidad de establecer nuevos puentes de comunicación entre las diversas personas interesadas en la historia de la ciencia, los historiadores que han elegido a la ciencia del pasado como su área de estudio y los científicos que consideran que sin historia no

resulta posible comprender correctamente su labor profesional.^[37, 38]

A medida que aumentaban el número de profesionales, la historia de la química ha sufrido un proceso de especialización y parcelación similar a muchas otras áreas académicas. Todo ello ha estado también favorecido por el interés por los contextos locales y el abandono de las grandes narraciones históricas, “from Plato to NATO”, como suelen afirmar los historiadores anglosajones. En realidad, está situación ha generado un problema adicional a las personas que pretenden acercarse a los últimos estudios de la historia de la ciencia, los cuales no han sido capaces de producir “big pictures” o narraciones generales sobre los temas más importantes.^[39] Por suerte, los historiadores han tratado de solucionar este problema a través de varias obras generales recientes (mencionadas en el siguiente apartado) que pueden ser empleadas con este fin. Nos limitaremos aquí a señalar algunas obras importantes que marcan tendencias en ciertas áreas de investigación, sin ninguna pretensión de exhaustividad. El lector interesado podrá profundizar y obtener una panorámica más general a través de las obras citadas y recopilaciones bibliográficas de mayor extensión.^[40]

Uno de los cambios más importantes ha sido el progresivo abandono de la vieja historia disciplinar a favor de una historia integrada de las ciencias, una aproximación defendida ya en historiadores de principios del siglo XX. En 1980, Paolo Rossi escribía que “la historia de la ciencia concebida como una suma de investigaciones, cada una de las cuales se mueve dentro de una disciplina constituida (física, biología, botánica, química, geología, etc.) parece haber cumplido su etapa”.^[41] Por supuesto, esto no significa que hayan dejado de escribirse libros centrados en la historia de la química pero, muchos de ellos, se han escrito desde nuevas perspectivas, con nuevos personajes y mayor presencia de cuestiones que afectan también a otras disciplinas científicas. Buena parte de esta vieja historia disciplinar, como la que escribieron muchos químicos del siglo XIX, estaba dirigida a buscar en el pasado la sucesión de conocimientos que habían conducido a alcanzar la situación presente, sin plantearse los cambios de orientación o de límites de la propia disciplina. Tal planteamiento resulta especialmente problemático en el caso de la química, dado que, como ya señaló Hermann Kopp, sus límites disciplinares y objetos de estudio han sufrido grandes transformaciones a lo largo del tiempo. La reciente historia de la química publicada por Bernadette Bensaude-Vincent y Isabelle Stengers persigue evitar la proyección hacia el pasado de la división en disciplinas y especialidades existente en la ciencia actual y, para solucionar este problema, han tomado precisamente como hilo conductor de su narración “las identidades sucesivas de la química” a lo largo del tiempo.^[42] Muchos historiadores aceptan hoy que una disciplina supone la integración de saberes científicos con ciertos elementos sociales, políticos y culturales, sin los cuales resulta imposible comprender su configuración y sus transformaciones a lo largo del tiempo. Estas transformaciones afectan también a su

estructura interna, en particular, a las áreas de investigación de tamaño más reducido que suelen denominarse habitualmente “especialidades científicas”. En el caso de la química, se disponen de numerosos trabajos dedicados a varias especialidades como la química orgánica (Hjelt, 1916; Graebe, 1920; más recientemente, Klein, 2002), la química analítica (Szabadvary, 1960), la química física (Servos, 1990; Laidler, 1993), la bioquímica (Florkin, 1972; Leicester, 1974; Kohler, 1982), etc. Estas especialidades clásicas han sufrido un proceso de transformación muy fuerte en el último tercio del siglo XX, para dar lugar a nuevas reordenaciones y fronteras disciplinares.^[43]

Una escala todavía más reducida para el análisis histórico son las “escuelas de investigación” (*research schools*). De acuerdo con Gerald Geison, las escuelas de investigación son “small groups of mature scientists pursuing a reasonably coherent programme of research side-by-side with advanced students in the same institutional context and engaging in direct, continuous social and intellectual interaction”.^[44] Una escuela de investigación suele ser resultado de la labor de un líder carismático que concibe un programa de trabajo basado, por lo general, en la aplicación de nuevas aproximaciones a un conjunto reducido de problemas. En el caso de la química, puede proceder de la introducción de una nueva técnica experimental que puede ser empleada para el estudio de nuevas sustancias, tal y como ocurrió en el caso de Liebig y el análisis orgánico. Mediante el aprendizaje de esta técnica, los nuevos colaboradores pueden integrarse en el grupo, adquirir las habilidades necesarias para la investigación y asumir el necesario “esprit de corps” que asegura la cohesión del grupo. Muchos de estos estudios han estado centrados en “escuelas de investigación” relacionadas con la química como los constituidos alrededor de Thomson, Liebig o Dumas. En este sentido, el estudio de las biografías de los autores más famosos ha sido ampliado y enriquecido con la aparición de número muy grande de nuevos actores históricos (discípulos, estudiantes, benefactores, etcétera).^[45]

Otra de las áreas que más se han renovado en las últimas décadas son los estudios sobre los métodos de la investigación científica. Las viejas discusiones sobre el “método científico” han sido sustituidas por estudios minuciosos acerca de las prácticas experimentales, a través de diversas fuentes como los cuadernos de laboratorio, las correspondencias, los instrumentos científicos o las memorias de investigación. Una de las líneas más importantes de investigación se ha centrado en torno de los cuadernos de laboratorio, especialmente en casos relacionados con la historia de la química. A través de estas fuentes resulta posible capturar las incertidumbres asociadas a toda investigación experimental: los pasos en falso, los errores, los éxitos casuales o los momentos creativos que no se ajustan a ningún esquema lógico. Por el contrario, en el documento publicado, el científico debe ajustar su narración a una secuencia racional, más o menos basada en unas supuestas reglas del método científico. Lo que en el cuaderno de laboratorio pudo ser un error experimental puede aparecer en la

publicación como un experimento diseñado para dilucidar una hipótesis que quizás surgió posteriormente. En otras palabras, el desarrollo temporal de los acontecimientos en el laboratorio es suplantado por un orden lógico y racional en el documento publicado. Por ello, no resulta extraño que la imagen que ofrecen cada unas de estas fuentes del proceso de investigación científica sea tan diferente.^[46,47,48] Otro enfoque importante en este tema nos lo ofrece el conocido libro *Laboratory Life* de Bruno Latour y Steve Woolgar, aparecido por primera vez en 1979. Utilizando técnicas procedentes de la antropología, como la observación participante, los autores analizaron la actividad de un centro de investigación californiano. De este modo, pretendían superar las deformaciones que las versiones publicadas de los trabajos científicos introducen en las descripciones de las investigaciones científicas. Aplicando una aproximación similar, aunque con fuentes diferentes, autores como Shapin y Schaffer^[49] o Christian Licoppe^[50] han explorado los mecanismos que condujeron a consolidar las prácticas experimentales dentro de instituciones como la *Royal Society* de Londres o la *Académie des Sciences* de París.

Otra de las fuentes que pueden emplearse para el estudio de las prácticas experimentales son los instrumentos científicos que han sobrevivido. En las últimas décadas, los historiadores de la ciencia han renovado su interés por estos viejos objetos, analizándolos desde nuevas perspectivas, superando las viejas recetas del coleccionismo de anticuarios. También se ha discutido las posibilidades –pero también las dificultades y las trampas– que ofrece la replicación de experimentos clásicos o la reconstrucción de instrumentos científicos como la balanza de Coulomb,^[51] el calorímetro de Lavoisier-Laplace^[52] o el *Kaliapparat* de Justus Liebig.^[53] De modo semejante se han estudiado los “instrumentos de papel” (paper tools) empleados en química, tales como las fórmulas de Berzelius o las estructuras moleculares.^[54,55] Muchos trabajos publicados en las últimas décadas han mostrado que el proceso de aceptación de nuevos instrumentos científicos es bastante complejo, desde las iniciales polémicas científicas hasta que se transforman en “cajas negras”, desaparece y son aceptados como herramientas fiables para recoger información empírica.^[56]

Durante las grandes controversias científicas, como las que se desarrollan durante las revoluciones científicas, los consensos son rotos y algunos instrumentos científicos pasan a ser puestos en cuestión, de modo que muchas de las ideas asumidas que permiten su uso, se hacen explícitas y son discutidas por las comunidades científicas. El estudio de las controversias científicas ha sido otra área floreciente en la historia de la ciencia de los últimos años porque mediante un análisis simétrico, sin necesariamente adoptar uno de los puntos de vista en disputa, resulta posible conocer mejor la introducción de nuevos conceptos científicos o técnicas experimentales. Shapin y Schaffer, en el libro ya mencionado, analizaron el debate entre Robert Boyle y

Thomas Hobbes acerca de la validez de los experimentos con la bomba neumática. En su análisis de la “revolución química”, Jan Golinski ha mostrado los diferentes posicionamientos epistemológicos que subyacían en la polémica entre Lavoisier y Priestley acerca del papel de la experimentación en química. Si el primero pretendía realizar experimentos sencillos, que fueran fácilmente reproducibles y comprobables, Lavoisier no dudó en efectuar complejos experimentos que comportaban el uso de costosos instrumentos que difícilmente podían construir sus competidores. De este modo, Golinski ha señalado que la disputa no sólo abarcaba los hechos discutidos y sus correspondientes interpretaciones teóricas, sino también a la naturaleza de los experimentos y el modo en que debían presentarse públicamente para que fueran convincentes las conclusiones.^[57]

Esta última cuestión, la retórica de los textos científicos, también ha merecido numerosos estudios, incluyendo algunos realizados con métodos semejantes a los empleados en historia de la literatura o en la crítica literaria. Se han analizado las diferentes figuras retóricas (comparaciones, analogías, metáforas) empleadas en los textos científicos así como otras cuestiones como el vocabulario elegido, el estilo y la sintaxis (predominio de formas impersonales y pasivas) o la ordenación de los contenidos.^[58,59] En el caso de la química, se ha prestado especial atención al desarrollo de la terminología química.^[60] También ha sido estudiado el papel activo desempeñado por los potenciales lectores así como el contexto general en el que se producen los textos científicos. Como consecuencia de la pluralidad de la formación de los autores de estos estudios (lingüistas, sociológicos, filósofos, historiadores), los trabajos presentan múltiples aproximaciones y conclusiones, incluyendo las de aquellos que consideran a la ciencia como una actividad puramente retórica.^[61]

Con todas estas nuevas perspectivas, ha quedado plenamente superada la división entre estudios “externalistas” (las instituciones, los contextos sociales y políticos, las fuentes de financiación, etc.) e “internalistas” (los contenidos del saber) que enfrentó a los historiadores de los años cincuenta y sesenta del siglo XX. En la actualidad, los historiadores suelen considerar que ambas perspectivas son necesarias para comprender la ciencia y que la línea divisoria entre ambas es mucho más difusa de lo que aparentemente puede parecer. Las nuevas biografías de científicos, por ejemplo, han sido un terreno adecuado para promover la integración de todos los componentes de la actividad científica en una narración coherente.^[62,63]

Los anteriores son solo algunos ejemplos de las muchas áreas que merecerían ser comentadas al hacer un balance de las últimas décadas de estudios históricos sobre la ciencia. Incluso limitando nuestra atención a cuestiones que afectan a la historia de la química, sería obligatorio mencionar los estudios sobre la historia de la tecnología^[64,65,66] o el reciente interés por la historia medioambiental con cuestiones relacionadas con la historia de la química,^[67] así como las investigaciones sobre la ciencia en las periferias

científicas,^[68] el análisis de los libros de texto y las prácticas de enseñanza,^[69,70] los *gender studies* y la ciencia,^[71] la popularización de la ciencia,^[72,73] las relaciones entre historia y memoria,^[74,75] etcétera.

Conclusiones

La anterior revisión muestra los orígenes remotos de la historia de la historia de la química y la multiplicidad de intereses que han impulsado este tipo de estudios. Los primeros químicos mostraron un gran interés por la historia de su disciplina y trataron de resolver sus relaciones con el molesto pasado alquímico y las técnicas relacionadas con la química. La tendencia se consolidó en el siglo XVIII dando lugar en el siglo siguiente a toda una serie de obras plenamente dedicadas a la historia de la química, escritas mayoritariamente por químicos profesionales.^[76] A principios del siglo XX, con la aparición de la historia de la ciencia como disciplina académica, con instituciones y revistas propias, aparecieron nuevos planteamientos que hemos tratado de seguir en las obras de Aldo Mieli y Hélène Metzger. Las investigaciones de historia de la química fueron también impulsadas por la búsqueda de sus posibles aplicaciones didácticas. Otros trabajos fueron realizados en el ámbito de la historia de la tecnología (por ejemplo, publicados en la revista *Technology and Culture*) o, en mucha menor medida, por estudios sociológicos, epistemológicos o filosóficos de carácter más general. Esta diversidad de objetivos, formaciones e intereses de los que escriben la historia de la química explica la divergencia de planteamientos, objetos de estudio y métodos de análisis así como la diversidad de publicaciones (revistas de química, de historia, etc.) en las que aparecen estos estudios. Los historiadores suelen enviar sus trabajos a las revistas especializadas de historia de la ciencia o de historia general mientras que los químicos-historiadores suelen preferir las revistas de química. Estos últimos suelen tener un mayor interés en establecer la prioridad de los descubrimientos relevantes a la luz de la situación de la química actual, adoptando un tono semejante a los *essay reviews* que analizan las contribuciones en un área determinada de investigación. En este contexto, las contribuciones pasadas que guardan poca relación con la química actual (la teoría de afinidades del siglo XVIII, por ejemplo) quedan descartadas así como los aspectos de la vida de los químicos (ideología política, contribuciones a otras ciencias, pensamiento religioso, etc.) que, aparentemente, no tienen relación directa con los conocimientos actuales. Muchos escritos han sido producido con ocasión de la celebración de grandes descubrimientos o del nacimiento o muerte de grandes científicos, por lo que no resulta extraño el carácter hagiográfico o heroico de las narraciones que, como hemos visto, ya criticaba Aldo Mieli. Por supuesto, esta tendencia no es general y, desde el siglo XIX hasta la actualidad, existen muchas contribuciones realizadas por químicos-historiadores que han tratado de analizar la química de un período en su propio contexto, con una extraordinaria riqueza de preguntas y enfoques. El desarrollo de la historia de la ciencia como disciplina

académica ha impulsado esta tendencia, al establecer nuevos puentes con investigadores de otras áreas de las ciencias sociales (historia, sociología, antropología, etc.) que han aumentado las posibilidades del análisis histórico. Todo ello ha dado lugar a revistas propias, centros de investigación y formación, proyectos de trabajo colectivos y sociedades científicas, que estudiaremos en la segunda parte de este trabajo. También veremos cómo este desarrollo de la historia de la ciencia ha producido una autonomía intelectual muy positiva que ha permitido cierto distanciamiento frente a las exigencias didácticas o investigadoras de la comunidad química. En ocasiones, el establecimiento de prioridades, la celebración de grandes descubrimientos o la búsqueda de aplicaciones didácticas puede estar reñida con los objetivos del historiador que pretende estudiar cómo se desarrolló la ciencia en un período determinado, prestando atención tanto a las continuidades como a las rupturas, a los personajes famosos y a los menos conocidos, analizando sus contribuciones, los textos científicos y las prácticas experimentales, e insertando todo ello dentro de la sociedad y la cultura correspondiente, en el marco de estructuras sociales, mentalidades y valores que pueden ser radicalmente diferentes a los actuales. La siguiente parte de este trabajo permitirá conocer algunas de estas aproximaciones, así como las principales revistas e instituciones dedicadas al desarrollo de la historia de la química.

Referencias

-
- [1] J. R. Bertomeu, E. Homburg, E. Varela, (eds.), *Teaching history of chemistry in Europe*, (en publicación).
- [2] M. Beretta, *Ambix* **1992**, 39(1), 1–11.
- [3] H. S. Klickstein, *Chymia* **1948**, 1, 37–53.
- [4] J. Weyer, *Chemiegeschichtsschreibung von Wiegand (1790) bis Partington (1970). Eine Untersuchung über ihre Methode, Prinzipien und Ziele*, Hildesheim, Verlag Gertenger, **1974**.
- [5] E. O. Lippmann, *Archeion* **1932**, 14, 1–5.
- [6] H. F. M. Kopp, *Geschichte der Chemie*, Brunswick, F. Vieweg und Sohn, **1843–47**, 4 vols.
- [7] J. R. Bertomeu Sánchez, A. García Belmar, *La revolución química: entre la historia y la memoria*, Valencia, PUV, **2006**.
- [8] A. Nieto Galan, “The images of science in modern Spain”. En: K. Gavroglu (ed.) *The Sciences in the European Periphery during the Enlightenment*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, pp. 65–86.
- [9] E. García Camarero, E. García Camarero, *La polémica de la ciencia española*, Madrid, Alianza Editorial, **1970**.
- [10] A. Nieto Galan, *Nuncius* **2008** (en pub.)
- [11] P. Kraus, *Osiris* **1938**, 6, 5–40.
- [12] J. Weyer, *Ambix* **1976**, 23, 65–79.
- [13] G. Sarton, *Ensayos de historia de la ciencia*, México, Unión Tipográfica Editorial, **1968**, pp. 27–29.
- [14] G. Gusdorf, *De l'histoire des sciences à l'histoire de la pensée*, Paris, Payot, **1977**, pp. 112–118.
- [15] A. Thackray, R. K. Merton, *Isis* **1972**, 53, 473–495, cita en p. 484.
- [16] R. Nasini, *Archivio di Storia della Scienza* **1919-20**, I, 101–112.
- [17] H. Metzger, *Les doctrines chimiques en France du début du XVIIe à la fin du XVIIIe. siècle*, Paris, Alcan, **1923**.
- [18] H. Metzger, *Newton, Stahl, Boerhaave et la doctrine chimique*, Paris, Alcan, **1930**.
- [19] G. Freudenthal, Hélène Metzger: Eléments de biographie. En: G. Freudenthal (ed.), *Etudes sur Hélène Metzger*, Paris, Corpus, **1988**, pp. 197–208.
- [20] C. Chimiso, *Studies in History and Philosophy of Science* **2001**, 32(2), 203–241.
- [21] H. Metzger, *La méthode philosophique en histoire des sciences. Textes, 1914-1939*, Paris, Fayard, **1987**.
- [22] A. Mieli, *Lavoisier y la formulación de la teoría química moderna*, Buenos Aires, Espasa-Calpe, **1944**.
- [23] A. Mieli, *Volta y el desarrollo de la electricidad hasta el descubrimiento de la pila y de la corriente eléctrica*, Buenos Aires, Espasa-Calpe, **1945**.
- [24] A. Mieli, *Panorama General de Historia de la Ciencia*, Buenos Aires, **1952–55**, 8 vols.
- [25] H. M. Leicester, H. S. Klickstein, *A Source Book in Chemistry, 1400-1900*, Cambridge, University Press, **1952**.
- [26] H. M. Leicester, *Source Book in Chemistry, 1900-1950*, Cambridge, University Press, **1968**.
- [27] H. M. Leicester, *Panorama histórico de la Química*, Madrid, **1967**.
- [28] H. M. Leicester (ed.), *Development of Biochemical Concepts from Ancient to Modern Times*, Cambridge, Harvard University Press, **1974**.
- [29] A. Ihde, *The Development of Modern Chemistry*, New York, Evanston & London, Harper and Row, **1964**.
- [30] J. R. Partington, *A History of Chemistry*, London, Macmillan, **1961–1970**, 4 vols.
- [31] J. B. Conant, *On Understanding Science. An Historical Approach*, New York, Mentor Books, **1951**.
- [32] J. L. Rudolph, *Scientists in the classroom: the Cold War reconstruction of American science education*, New York, Palgrave, **2002**.
- [33] T.S. Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions, 2nd. edition*, Chicago, Univ. Press, 1970. (Trad. cast. en FCE).
- [34] G. Holton, *Introducción a los conceptos y teorías de las ciencias físicas*, Barcelona, Editorial Reverté, **1984**.

- [35] M. R. Matthews, *Science teaching: The role of history and philosophy of science*, New York, Routledge, **1994**.
- [36] <http://www.springerlink.com/content/102992/>, consultada el 05/09/2007, al igual que el resto de páginas aquí mencionadas.
- [37] C. Solis, *Razones e intereses. La historia de la ciencia después de Kuhn*, Barcelona, Paidós, **1994**.
- [38] J. Golinski, *Making Natural Knowledge. Constructivism and the History of Science*, Cambridge, University Press, **1998**.
- [39] James A. Secord (ed.), *British Journal for the History of Science* **1993**, 26, 387–483.
- [40] G. K. Roberts, C.A. Russell (eds.), *Chemical History: Reviews of the Recent Literature*, London, Royal Society of Chemistry, **2006**.
- [41] P. Rossi, *Las arañas y las hormigas*, Barcelona, Crítica, **1990**, citado en p. 21.
- [42] B. Bensaude-Vincent, I. Stengers, *Histoire de la chimie*, Paris, La Découverte, **1993**. Existe trad. cast. Este es el tema también del congreso de historia de la química recientemente celebrado en Leuven, 2007. Cf. <http://www.6icbc.be>.
- [43] P. J. Morris, *From Classical to Modern Chemistry: The Instrumental Revolution*, Cambridge, Royal Society of Chemistry, **2001**.
- [44] G. Geison, *History of Science* **1981**, 19, 21–49.
- [45] G. Geison, F. Holmes (eds.), *Osiris*, **1993**, 8, 1–238.
- [46] M. Grmek, *Raisonnement expérimental et recherches toxicologiques chez Claude Bernat*, Genève, Droz, **1973**.
- [47] F. L. Holmes, *Isis* **1987**, 78(292), 220–235
- [48] F. L. Holmes, *Investigative Pathways*, New Haven, Yale University Press, **2003**.
- [49] S. Shapin, S. Schaffer, *Leviatan and the Air-Pump*, New Jersey, Princenton Univ. Press, **1985**.
- [50] C. Licoppe, *La formation de la pratique scientifique: Le discours de l'expérience en France et en Angleterre (1630-1820)*, Paris, La Découverte, **1996**.
- [51] C. Blondel, M. Dorries, *Restaging Coulomb*, Florence, Olschki, **1994**.
- [52] P. Heering, *Weighing the heat: The replication of the experiments with the ice-calorimeter of Lavoisier and Laplace*. En: M Beretta (ed.), *Lavoisier in Perspective*, München, Deutsches Museum, **2005**, pp. 27–41.
- [53] M. C. Usselman, A. J. Rocke, C. Reinhart, K. Foulser, *Annals of Science* **2005**, 62(1), 1–57.
- [54] U. Klein, *Experiments, Models, Paper Tools: Cultures of Organic Chemistry in the Nineteenth Century*, Stanford, University press, **2003**.
- [55] P. J. Ramberg, *Chemical Structure, Spatial Arrangement: The Early History of Stereochemistry, 1874–1914*, Aldershot, Ashgate, **2003**.
- [56] J. R. Bertomeu; A. García Belmar (eds.), *Abriendo las cajas negras*. Valencia, PUV, **2002**, que contiene una selección bibliográfica.
- [57] J. Golinski, *Science as Public Culture: Chemistry and Enlightenment in Britain, 1760-1820*, Cambridge, University Press, **1992**, citado en p. 137: "at issue in the controversy were not just the facts of the matter but how and by whom experiments were to be conducted and the results interpreted".
- [58] D. Locke, *Science as writing*, New Haven, Yale Univ. Press, **1992**. [trad. cast. Valencia, PUV-Cátedra, **2003**].
- [59] T.Melia, *Isis* **1992**, 83, 100–106.
- [60] A. García Belmar; J. R. Bertomeu Sánchez, *Nombrar la materia: Una introducción histórica a la terminología química*, Barcelona, El Serbal, **1999**.
- [61] D. Pestre, *Annales HSS* **1995**, 50(3), 487–522.
- [62] T. L. Hankins, *History of Science* **1979**, 17, 1–16.
- [63] M. Shortland; R. Yeo (eds.), *Telling Lives in Science. Essays on Scientific Biography*, Cambridge, University Press, **1996**.
- [64] W. E. Bijker, T. P. Hughes, T. D. Pinch (eds.), *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*, Cambridge, MIT Press, **1987**.
- [65] R. Fox (ed.), *Technological Change*, Amsterdam, Hardwood Academic, **1996**.
- [66] I. Mcneil (ed.), *An Encyclopedia of the History of Technology*, London, Routledge, **1996**.
- [67] A. Nieto Galan, *Cultura industrial. Historia y medio ambiente*, Barcelona, Rubes Editorial, **2004**.
- [68] <http://www.cc.uoa.gr/step/>.
- [69] D. Kaiser, *Pedagogy and the Practice of Science: Historical and Contemporary Perspectives*, Boston, MIT, **2005**.
- [70] K. Olesko, *Science & Education* **2006**, 15, 2–3.
- [71] L. Jordanova, *British Journal for the History of Science* **1993**, 26, 469–483.
- [72] R. Cooter, S. Pumfrey, *History of Science* **1994**, 32, 237–267.
- [73] B. Bensaude-Vincent, *L'opinion publique et la science. A chacun son ignorance*, Paris, Sanofi-Synthélabo, **2000**.
- [74] B. Bensaude-Vincent, *Isis* **1996**, 87, 481–499.
- [75] P.G. Abir-Am; C.A. Elliot (eds.), *Osiris* **1999**, 14, 1–383.
- [76] C. A. Russell, *British Journal for the History of Science* **1988**, 21, 273–294.