

# Las narrativas históricas en los libros de texto de ESO y Bachillerato. Análisis de dos mitos fundacionales de la química

Luis Moreno Martínez y M. Araceli Calvo Pascual

**Resumen:** En 2018 la célebre pintura de Jacques Louis David del matrimonio Lavoisier (1788), icono visual recurrente de la fundación de la química moderna, cumple 230 años. Asimismo, se cumplen 190 años del conocido experimento de la síntesis de la urea por Wöhler (1828), frecuentemente considerado uno de los momentos fundacionales de la química orgánica. Aprovechando estas efemérides, este artículo analiza su presencia en libros de texto de ESO y Bachillerato; señalando cómo la historia de la química recogida en dichos materiales se sitúa lejos de las perspectivas y los resultados de investigación proporcionados por los historiadores de la ciencia.

**Palabras clave:** Historia de la química, Libros de texto, Enseñanza Secundaria, Antoine Laurent Lavoisier, Friedrich Wöhler.

**Abstract:** In 2018 the famous portrait of Antoine Laurent Lavoisier and Marie Anne Paulze by Jacques Louis David (1788), which is an iconic picture of the foundation of modern chemistry, turns 230 years old. Also, it has been 190 years since the synthesis of urea by Wöhler in 1828, which is one of the most important foundational moments of organic chemistry. Starting from these anniversaries, this paper analyzes their presence in Secondary Education Chemistry textbooks; pointing out how these educational materials have neglected the perspectives and research results provided by historians of science.

**Keywords:** History of Chemistry, Textbooks, Secondary Education, Antoine Laurent Lavoisier, Friedrich Wöhler.

## INTRODUCCIÓN

El estudio del tratamiento de la historia de la ciencia en manuales y libros de texto constituye una línea de investigación plenamente consolidada en la investigación histórico-didáctica. En los últimos años, numerosos trabajos, muchos de los cuales aparecen en las próximas líneas, han contribuido a subrayar la importancia de cuestionar y repensar las narrativas históricas sobre ciencia imperantes en contextos educativos y divulgativos. Contextos en los que el resultado de las investigaciones académicas en historia de la ciencia no habrían permeado. En muchos casos, se trataría de cuestiones históricas que si bien ampliamente abordadas e incluso ya abandonadas por los historiadores de la ciencia, son presentadas en materiales educativos y

divulgativos sin atender al trabajo de aquellos. Así, las narrativas históricas procedentes de la investigación académica en historia de la ciencia y las recogidas en dichos materiales presentarían diferencias significativas, ofreciendo imágenes netamente diferenciadas e incluso antagónicas sobre la ciencia, su naturaleza y su desarrollo histórico.

Por todo ello, se hace fundamental avanzar en la creación de marcos renovados de encuentro y diálogo entre historia, enseñanza y divulgación de las ciencias. El presente artículo pretende contribuir en esta línea de aproximación, para el caso de la historia y la didáctica de la química. Aprovechando la conmemoración de dos importantes hitos en el desarrollo histórico de la química, como son el 230 aniversario de la célebre pintura de Jacques Louis David del matrimonio Lavoisier –imagen icónica de la revolución química– y el 190 aniversario de la síntesis de la urea de Wöhler –considerado un momento clave en la historia de la química orgánica–, se ofrece un análisis de la presencia de dichas cuestiones históricas en el marco educativo español en el período 2007-2016.

La revisión del currículo vigente en dicho período (regulado por la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación, LOE) para los niveles de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y Bachillerato revela que el estudio de las leyes fundamentales de las combinaciones químicas (incluyendo a Lavoisier en el estudio de las leyes ponderales) y el estudio de los orígenes de la química orgánica (donde se incluye la síntesis de la urea de Wöhler) cuentan con presencia curricular entre los contenidos y criterios de evaluación.<sup>[1,2]</sup> Partiendo de dicha revisión curricular, se llevó a cabo el análisis de una veintena de libros de texto de Física y Química de ESO (tercer y cuarto curso) y Bachillerato



L. Moreno  
Martínez<sup>1,3</sup>



M. A. Calvo  
Pascual<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Historia de la Medicina y de la Ciencia "López Piñero", Universitat de València, Plaça Cisneros 4, 46003, Valencia.

<sup>2</sup> Facultad de Formación de Profesorado y Educación, Universidad Autónoma de Madrid, Francisco Tomás y Valiente 3, 28049, Madrid.

<sup>3</sup> Grupo Especializado de Didáctica e Historia de las Reales Sociedades Españolas de Física y de Química, 28040, Madrid.

C-e: [luisccq@hotmail.com](mailto:luisccq@hotmail.com)

Recibido: 20/04/2018. Aceptado: 29/05/2018.

(primer curso) y de Química de segundo curso de Bachillerato. Dichos libros de texto corresponden a cinco prestigiosas editoriales en el ámbito educativo, de acuerdo con el ranking SPI 2014.<sup>[3]</sup> Si bien, por motivos de confidencialidad y derecho editorial, no se hará alusión específica a libros concretos a lo largo de las próximas líneas, cabe destacar que la relación de libros de texto analizados se puede consultar en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Elementos identificativos de los libros de texto de ESO y Bachillerato del marco LOE (2007-2016) analizados

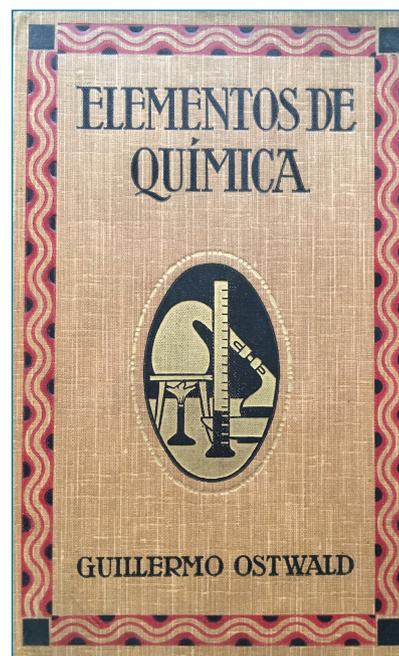
Editorial	Datos del libro		
	Curso	Año de publicación	Proyecto editorial
Anaya	3.º ESO	2011	-
	4.º ESO	2012	-
	1.º Bach.	2014	-
	2.º Bach.	2012	-
McGraw-Hill	3.º ESO	2007	-
	4.º ESO	2008	-
	1.º Bach.	2012	-
	2.º Bach.	2009	-
Oxford	3.º ESO	2011	Adarve
	4.º ESO	2012	Adarve
	1.º Bach.	2008	Tesela
	2.º Bach.	2009	Tesela
Santillana	3.º ESO	2011	Los Caminos del Saber
	4.º ESO	2011	Los Caminos del Saber
	1.º Bach.	2008	La Casa del Saber
	2.º Bach.	2011	La Casa del Saber
Vicens Vives	3.º ESO	2012	Nuevo Ergio
	4.º ESO	2012	Nuevo Ergio
	1.º Bach.	2012	-
	2.º Bach.	2014	-

El análisis desarrollado –el cual formó parte de una investigación más amplia sobre la historia de la química en el marco LOE– ha consistido en la comparación entre las narrativas históricas localizadas en los libros de texto y los estudios históricos académicos sobre las dos cuestiones anteriormente referidas. Cuestiones de gran interés para la enseñanza de la química que muestran cómo la historia de la química, lejos de un relato cerrado, constituye un ejercicio de reconstrucción dinámica, sujeto a nuevos enfoques y nuevas miradas, fundamental para el desarrollo del pensamiento crítico del alumnado de química y de gran valor didáctico para el profesorado.

## LA HISTORIA EN LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA

La pertinencia de la historicidad a la hora de enseñar química ha estado presente incluso desde los primeros pasos de la denominada ciencia química. Así, para Antoine Laurent Lavoisier, ampliamente presentado como padre fundador de la química de forma recurrente, la enseñanza de su nueva química debía construirse sobre el olvido de tradiciones pasadas.<sup>[4]</sup> Pese a la ahistoricidad didáctica enarbolada por Lavoisier, durante el desarrollo y consolidación académica de la química como disciplina científica en los siglos XIX y XX, varias voces se pronunciaron en torno al papel de la aproximación histórica en la enseñanza de la química.

Muchos químicos del siglo XIX no compartieron la idea de una enseñanza ahistórica de la química, dando lugar a diversas narrativas históricas que se incorporaron en los manuales y libros de texto. No obstante, las historias de la química de estos químicos-historiadores estaban frecuentemente impregnadas de un enfoque netamente triunfalista, en el que la química era presentada como una ciencia victoriosa frente a la oscura alquimia. En las primeras décadas del siglo XX varios científicos y filósofos incidieron en la pertinencia de la historia y la filosofía de la ciencia para la enseñanza de las ciencias. Entre ellos, podemos destacar al químico alemán Wilhelm Ostwald.<sup>[5]</sup> Asimismo, varios educadores se preocuparon por la historia de la ciencia en la enseñanza. En el marco español, cabe subrayar la labor del profesor Modesto Bargalló, quien tradujo del alemán al castellano los célebres *Elementos de Química* de Ostwald (ver Figura 1) y fundamentó cuál debería ser la metodología didáctica más adecuada para la enseñanza de las ciencias amparándose en el desarrollo histórico de las ciencias y en la pedagogía de la época.<sup>[6]</sup>



**Figura 1.** *Elementos de Química* (1917), por Wilhelm Ostwald, obra traducida por Modesto Bargalló

En la segunda mitad del siglo xx tendrán un especial protagonismo los trabajos del químico norteamericano James Bryant Conant, impulsor de los *Harvard Case Histories in Experimental Science* (ver Figura 2). Originalmente dirigidos a estudiantes del ámbito de las humanidades y de las ciencias sociales, los trabajos de Conant fueron ampliamente difundidos al público general “con la convicción de que un conocimiento detallado de algunos de los avances de la ciencia en distintas épocas permite una mejor comprensión del mundo actual”.<sup>[7]</sup> Si bien muchos de los enfoques presentes en la obra de Conant fueron posteriormente matizados, su trabajo contribuyó a reforzar las relaciones entre historia y didáctica de las ciencias.

Una muestra de esta estrecha relación para el ámbito de la química la encontramos al considerar la publicación *Journal of Chemical Education*, que compartieron las divisiones de Historia de la Química y de Educación Química de la *American Chemical Society*. De hecho, editores y colaboradores frecuentes de esta publicación, fueron también reconocidos autores en el ámbito de la historia de la química, como Aaron J. Ihde.<sup>[8]</sup>

Las últimas décadas del pasado siglo fueron especialmente prolíficas en el terreno de la historia de la ciencia para la educación científica. Michael R. Matthews, una de las voces más destacadas sobre esta cuestión, señaló en 1988 la existencia de una crisis intelectual y social en la enseñanza de las ciencias, materializada en la escasez de profesores y estudiantes y en la deficitaria alfabetización científica de la ciudadanía.<sup>[9]</sup> En 1994, subrayó que si bien la historia de la ciencia no tiene la solución a esta crisis, podía arrojar respuestas de interés, en la medida en que la historia de la ciencia humanizaría las ciencias, acercándola a intereses sociales y culturales, ayudando a la enseñanza de los conceptos científicos y proporcionando un mejor

conocimiento de la estructura de la ciencia.<sup>[10]</sup> Este último punto se sitúa en la línea de un artículo publicado por el historiador de la ciencia Stephen G. Brush en la revista *Science* unos años antes. En 1974 y bajo el sugerente título *Should The History of Science be Rated X?*, Brush apuntó que la perspectiva histórica proporciona a los estudiantes de ciencias una visión crítica de la misma muy distinta a la adquirida cuando se prescinde de la dimensión histórica en su formación.<sup>[11]</sup>

Desde dicho trabajo, numerosos investigadores en didáctica de las ciencias han subrayado el enorme potencial pedagógico de la historia de la ciencia como herramienta didáctica que revelaría la ciencia como una actividad humana colectiva, dinámica, generadora de un conocimiento en construcción e inscrita en un determinado contexto histórico, social, político y económico del que se nutre y al que nutre. Todos estos aspectos aparecen recogidos en el *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching* publicado en 2014 (ver Figura 3), lo que revela la consolidación académica actual de la historia y la filosofía de la ciencia para la enseñanza de las ciencias.<sup>[12]</sup>

Esta consolidación de la historia de la ciencia como herramienta educativa contrasta significativamente con la poca presencia académica de la historia de la química en las aulas preuniversitarias, pero también en la formación de los futuros historiadores o de los estudiantes de carreras universitarias científico-técnicas y, por ende, del futuro profesorado de ESO y Bachillerato. El físico y profesor de historia de la ciencia José Manuel Sánchez Ron señaló en 2008 que la historia de la ciencia presenta “una escasa acogida y papel en las Facultades de Historia”.<sup>[13]</sup> Para el caso de los estudiantes de ciencias, el químico e historiador de la ciencia Agustín Nieto Galán apuntó en 2010 la escasa

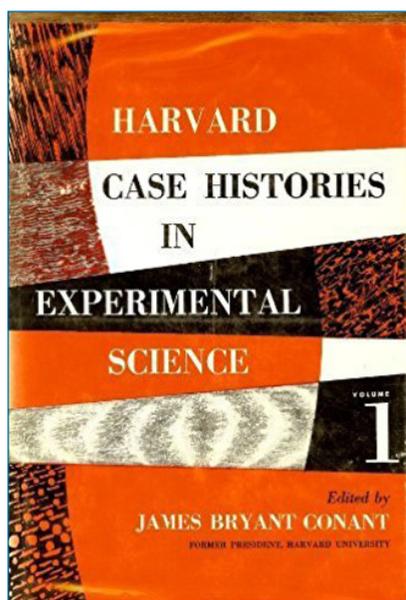


Figura 2. *Harvard Case Histories in Experimental Science* (1957), obra editada por James B. Conant

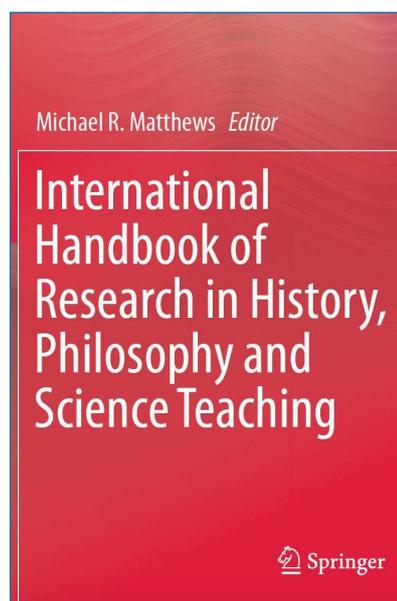


Figura 3. *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching* (2014), editado por Michael R. Matthews, constituye el primer handbook internacional publicado sobre historia y filosofía de la ciencia para la enseñanza de las ciencias

formación en historia de la ciencia de los propios estudiantes de ciencias, afirmando que en su formación “se mencionan algunos detalles sobre la vida de Galileo, Newton o Einstein en clase de física, sobre Lavoisier, Dalton o Mendeleiev en clase de química, o sobre Lamarck, Darwin y Mendel en clase de biología”, tratándose de una “historia superficial, una historia ornamental pero vacía de instrumentos intelectuales útiles”. Para Nieto Galán, esta situación no sería exclusiva del ámbito escolar, sino que constituiría “un reflejo más del poco valor atribuido a la historia de la ciencia, y en particular, a la historia de las ciencias experimentales en las sociedades contemporáneas”. Así, afirmó que “si bien los economistas siguen leyendo a Adam Smith o a John M. Keynes, y los politólogos no han renunciado a encontrar inspiración en Nicolás Maquiavelo, Thomas Hobbes o en el mismo Platón, los científicos en general, y los químicos en particular, han abandonado a sus antepasados”.<sup>[14]</sup>

Este abandono de la historia de la química concuerda con los resultados del último mapeo sobre enseñanza de la historia de la química en Europa, publicado por los historiadores de la ciencia Ignacio Suay Matallana y José Ramón Bertomeu Sánchez en 2017.<sup>[15]</sup> Su investigación muestra la historia de la química como un área que ha renovado sus temas de investigación, ampliando el número de protagonistas (científicos, público general, educadores...), cuestiones (medio ambiente, esfera pública, ciencia y género...) y espacios (laboratorios, fábricas, aulas, hospitales...), entre otros aspectos. La historia de la química también se habría relacionado con otras áreas académicas, como la didáctica de las ciencias, los estudios sociales sobre ciencia o la comunicación científica. Asimismo, el trabajo de los historiadores de la química se habría distanciado de las clásicas narrativas hagiográficas basadas en el progreso científico a base de una sucesión lineal de descubrimientos.

En esta línea, en los últimos años, la comunidad académica de historiadores de la química han potenciado la creación de redes profesionales y proyectos de investigación encaminados a integrar la historia de la química en el marco académico más general de la historia de la ciencia, conectando su trabajo con los procedentes de otras áreas como la historia económica o medioambiental y potenciando la colaboración con otros profesionales interesados en la historia de la química, tales como químicos, divulgadores o docentes.

Teniendo en cuenta la poca visibilidad académica que presenta la historia de la química, tanto en ámbitos científicos como humanísticos, no sorprende que el trabajo de los historiadores de la química todavía hoy esté poco presente en contextos y materiales educativos. Investigaciones histórico-didácticas recientes han mostrado que los libros de texto de Física y Química actuales todavía seguirían anclados en las clásicas narrativas históricas sobre ciencia, ignorando el resultado de las investigaciones académicas en historia de la ciencia no ya de los últimos años, sino de las últimas décadas. De este modo, cuestiones ampliamente abordadas por los historiadores de la ciencia e incluso

ya abandonadas, no estarían presentes en estos materiales didácticos.<sup>[16]</sup>

Por todo ello, el análisis de las narrativas históricas recogidas en los libros de texto comparándolas con los estudios académicos en historia de la ciencia constituye todavía hoy una tarea necesaria al menos, por dos motivos. En primer lugar, porque desde la investigación educativa se ha subrayado que la historia de la ciencia que ha de estar presente en los materiales y contextos educativos ha de ser aquella que nace del trabajo de los historiadores de la ciencia, que lo hace en un marco avalado por la didáctica de las ciencias y que responde a los requerimientos del profesorado.<sup>[17]</sup> En segundo lugar, porque la imagen de la química como ciencia que se construye a partir de los enfoques proporcionados por la historia de la ciencia se sitúa más próxima a la imagen de la ciencia como actividad humana que el propio currículo establece.<sup>[18]</sup> Una imagen muy distinta a la que se construye a partir de las narrativas históricas mitificadas que perviven todavía hoy en nuestros libros de texto, tal y como se aborda con los dos casos descritos a continuación.

#### LAVOISIER Y LOS ORÍGENES DE LA QUÍMICA MODERNA

El lienzo de Marie Anne Paulze y Antoine Laurent Lavoisier elaborado por el pintor Jacques-Louis David en 1788 constituye un icono visual recurrente en las narrativas históricas sobre los orígenes de la química como ciencia (ver Figura 4). 230 años después, la imagen del matrimonio Lavoisier que nos legó David permanece profundamente arraigada en la memoria de la comunidad química, siendo fácil localizarla en manuales y libros de texto de esta ciencia. En el caso de los libros de texto de ESO y Bachillerato, es frecuente encontrar esta imagen, acompañada de algún apunte sobre el papel de Lavoisier en la fundación de la química. La denominada revolución química.

En lo que respecta a la presencia de esta cuestión histórica en los libros de texto del marco LOE que se han analizado, 2 de cada 5 libros de texto de tercer curso de ESO presentan directamente a Lavoisier como padre fundador de la química. El resto, bien lo mencionan como el artífice de la ley de conservación de la masa o como el químico que aceptó la definición de elemento propuesta por Boyle. Ninguno de los libros de texto de cuarto curso de ESO aborda significativamente el papel de Lavoisier en la conformación de la química.

En primer curso de Bachillerato, 4 de cada 5 libros de texto analizados presenta a Lavoisier como padre de la química, aunque en alguno de ellos dicha paternidad es compartida con otros célebres químicos como Berzelius o Dalton. En el caso de segundo curso de Bachillerato, 2 de cada 5 libros de texto aluden a Lavoisier como padre de la química; indicándose en uno de ellos que la paternidad de la química fue objeto de discrepancias entre franceses, que la otorgarían a Lavoisier, y británicos, que se la otorgarían a Boyle.



Figura 4. *Portrait d'Antoine Laurent Lavoisier et de sa femme* (1788), obra de Jacques-Louis David, expuesta en el Metropolitan Museum of Art de Nueva York

Tal y como se recoge en la Tabla 2, más de la mitad de los libros de texto analizados aluden a Lavoisier como artífice de la conformación de la química como ciencia (55%); bien de forma exclusiva (40%), bien con paternidad compartida (15%). Una buena parte de los mismos desatiende esta cuestión histórica (40%) y solo uno de los libros analizados hace referencia directa a que la conformación de la química como ciencia fue un proceso colectivo (5%). En dicho texto, correspondiente al primer curso de Bachillerato, se indica que en el siglo XVIII, después de que se produjesen grandes avances en la física, una serie de “hombres de ciencias” aplicaron el método científico a las investigaciones químicas.

Si bien estas líneas dejan patente la colectividad de dicho proceso, se introducen dos aspectos notablemente cuestionables y cuestionados por los estudios históricos y sociales sobre ciencia: el invisibilizado papel de las mujeres en la historia de la química y la imagen de la práctica química como mera aplicación del método científico al estudio de la composición, estructura y transformaciones de las sustancias químicas. Respecto al primer punto, los historiadores de la ciencia han subrayado el importante papel que desempeñó Marie Anne Paulze, el cual va mucho más allá del mero acompañamiento y apoyo a la labor de su esposo. Respecto al segundo, los historiadores de la ciencia han cuestionado la idea de un método científico universal, en aras de abordar la complejidad subyacente tras las prácticas científicas, aspecto notablemente desatendido en contextos y materiales educativos.

Tabla 2. La fundación de la química en los libros de texto de ESO y Bachillerato de Física y Química

Ítem	Libros de texto que hacen alusión al ítem (sobre 20)
Lavoisier es el padre de la química	8
La química tuvo una paternidad compartida	3
La conformación de la química moderna como ciencia fue un proceso colectivo	1
No se aborda esta cuestión	8

La imagen de la fundación de la química que encontramos en los libros de texto, anteriormente expuesta, contrasta con la procedente de la historia de ciencia como área académica de estudio e investigación. Así, los historiadores de la química han mostrado que la figura de Lavoisier como fundador de la química fue construida por los químico-historiadores del siglo XIX. Una imagen férreamente instaurada que ha perdurado hasta nuestros días a través de materiales educativos y divulgativos.<sup>[19]</sup> Dichos materiales, entre los que se incluyen nuestros libros de texto, tal y como ha revelado el análisis realizado, han desatendido el trabajo de los historiadores de la ciencia que ya hace décadas cuestionaron dicha imagen. Así, cabe destacar los trabajos de Aldo Mieli, quien en 1948 ya apuntó que la revolución química no fue obra de un único químico, sino de la comunidad química europea del siglo XVIII.<sup>[20]</sup>

Asimismo, los historiadores de la ciencia han mostrado que la química era ya una disciplina ampliamente desarrollada antes de la irrupción de Lavoisier.<sup>[21]</sup> En esta línea, el estudio de las afinidades químicas o la química de las sales sirvió para que médicos y farmacéuticos se dedicasen al estudio de la química con anterioridad a Lavoisier. Ignorando estos resultados procedentes de la investigación histórica, la fundación de la química por parte de Lavoisier suele esgrimirse sobre dos argumentos recurrentes: la introducción de la balanza en la práctica química y la derrota de la teoría del flogisto de Georg E. Stahl. Su papel en la renovación del lenguaje químico se ha revelado bien ausente o bien presente en forma de comentario anecdótico en los epígrafes sobre formulación y nomenclatura en los libros de texto analizados; en consonancia con las escasas alusiones a la historia de la terminología química en dichos materiales.

Respecto a Lavoisier y el uso de la balanza en la práctica química, una mirada al cuadro de David puede resultar profundamente fértil e incluso sorprendente a este respecto. La ausencia de la balanza en la imagen nos lleva, irremediablemente, a plantear una necesaria pregunta de gran valor didáctico: si la balanza es el emblema de Lavoisier en nuestros libros de texto, ¿por qué está ausente la

balanza en el lienzo de David en el que, por el contrario, sí aparecen otros instrumentos y materiales de laboratorio, tales como el gasómetro o el matraz de destilación, ampliamente utilizados por Lavoisier y Marie Anne en sus experimentos?

Una posible respuesta la encontramos al considerar el trabajo de los historiadores de la química, quienes han puesto de manifiesto que el uso de la balanza ya se puede encontrar de manera frecuente en la obra de diversos autores del siglo XVIII. Es más, la balanza ya era un instrumento incluso imprescindible en muchos laboratorios, mucho antes de Lavoisier. La introducción de la balanza en la práctica química como emblema de Lavoisier le habría sido adjudicada a posteriori, en aras de exaltar su papel en el mito fundacional de la química.<sup>[22]</sup>

En lo referente a la victoria de Lavoisier frente a la teoría del flogisto, suele considerarse a dicha teoría como la causante del escaso avance de la química antes de Lavoisier. En el análisis de libros realizado, cabe destacar que para la etapa de Bachillerato, se ha encontrado alusión a la teoría del flogisto solo en 3 de los 10 libros analizados. En 2 de ellos se hace alusión al flogisto como una teoría superada por los trabajos de Lavoisier, mientras que en el tercero se indica que fue una teoría útil para explicar diversos fenómenos químicos.

Ora ignorada (como ocurre en los libros de texto de ESO analizados), ora presentada solo para legitimar la paternidad de la química por parte de Lavoisier; los libros de texto han desatendido los resultados de investigación procedentes de los estudios históricos académicos sobre química a este respecto. En esta línea, dichos estudios han mostrado que la importancia de la teoría del flogisto fue exagerada a tenor de los trabajos de Lavoisier en su contra. Este aspecto ha sido ilustrado por los historiadores de la ciencia José Ramón Bertomeu Sánchez y Antonio García Belmar, quienes señalaron que si bien Stahl era presentado como “el más grande y sublime de los químicos” en manuales de química del siglo XVIII anteriores a Lavoisier, los libros de texto posteriores lo presentaban como “el causante de un retraso conceptual en el desarrollo de la química debido a su errónea teoría del flogisto”.<sup>[23]</sup>

No obstante, la imagen de Lavoisier acabando con la teoría del flogisto de forma contundente, frecuente en narrativas históricas con fines pedagógicos o divulgativos, tampoco se sostiene a la luz del estudio de los propios cuadernos de Lavoisier. El estudio riguroso de estas fuentes históricas ha revelado que Lavoisier no derrotó con contundencia y firmeza la teoría del flogisto, sino que entre sus notas aparecen incoherencias, experimentos inacabados y contradicciones; así como alusiones al flogisto a fin de explicar distintos fenómenos como la calcinación, la combustión o la respiración. Es más, muchos químicos de la época consideran el oxígeno de Lavoisier tan hipotético como el mismo flogisto de Stahl e incluso se conocen testimonios, como el de Pierre Macquer, que subrayan que el ataque demoledor de Lavoisier al flogisto

no fue tal, habiéndose limitado Lavoisier a sugerir que la *materia del fuego* no era parte constituyente del combustible sino que estaba presente como parte integrante del mismo aire.<sup>[23]</sup>

Si bien los discursos heroicos y mitificados vinculados a la fundación de la química por Lavoisier pueden constituir narrativas atractivas y aparentemente más fácilmente asimilables; introducen una imagen distorsionada no solo de la historia de la química, también de la naturaleza de la química como actividad humana. Una ciencia que en absoluto puede entenderse plenamente como el producto de genios aislados que introducen puntos de inflexión categóricos con sus trabajos. Por el contrario, la historia de la ciencia revela la química como una actividad humana colectiva, que si bien joven como disciplina científica, nació del encuentro de prácticas y tradiciones cuyo origen se pierde en la noche de los tiempos. Una empresa colectiva en la que participaron hombres y mujeres.

Sobre estas últimas, la obra de David nos ofrece una valiosa oportunidad para trabajar la necesaria cuestión ciencia y género en las aulas. Es Marie Anne y no Antoine, la auténtica protagonista del lienzo, en el que ella ocupa la posición central. Superada la visión de mera colaboradora de su esposo, que la observa contemplativo en la pintura; los estudios históricos sobre química han puesto de relieve su papel activo en la química de la época. Marie Anne fue traductora de trabajos científicos (por ejemplo, tradujo del inglés al francés la obra *Essay on Phlogiston* de Richard Kirwan, 1787). Marie Anne, que fue alumna de dibujo de David, ilustró los montajes experimentales e instrumentos empleados en las prácticas químicas, como los que pueden apreciarse en el tratado *Elementos de Química* que firma Lavoisier en 1789. Un reflejo de dicha actividad como dibujante e ilustradora se aprecia al observar la parte izquierda del lienzo de David, donde al fondo se puede encontrar representado su cuaderno de dibujo. Habiendo sido también detenida, aunque durante un corto período de tiempo, Marie Anne editó e imprimió en 1805 las memorias que el mismo Lavoisier había comenzado a redactar en 1792, dos años antes de su muerte en la guillotina. Marie Anne fallecerá en París en 1836.<sup>[24]</sup>

La labor de Marie Anne no puede valorarse de forma completa si no se le asigna un amplio conocimiento de la química de la época. Su papel organizando reuniones científicas o sus numerosas notas en el cuaderno de laboratorio de Lavoisier, junto con las tareas anteriormente mencionadas, dan buena cuenta de ello. Valoración que ha de hacerse no en términos de paternidad o maternidad de esta ciencia, sino en aras de una historia de la química que no ignore el nombre y el papel que desempeñaron las mujeres a lo largo de la historia de la ciencia. Tristemente, ninguno de los libros de texto analizados plantea estrategias didácticas para trabajar el papel de Marie Anne Paulze en la revolución química desde la perspectiva de los estudios históricos de la ciencia.

## WÖHLER Y LOS ORÍGENES DE LA QUÍMICA ORGÁNICA

Si de acuerdo con las narrativas históricas mitificadas de corte triunfalista, Lavoisier funda la química derribando la teoría del flogisto con paso firme introduciendo la balanza en la práctica química; los orígenes de la química orgánica moderna los encontramos en la figura de Friedrich Wöhler, que derribaría la teoría del vitalismo sintetizando la urea (ver Figura 5). Ambas historias, además de una estructura similar propia de los mitos heroicos que conforman en muchas ocasiones la memoria de las disciplinas científicas, comparten entre sí el estar presente de forma recurrente en contextos y materiales educativos y divulgativos.

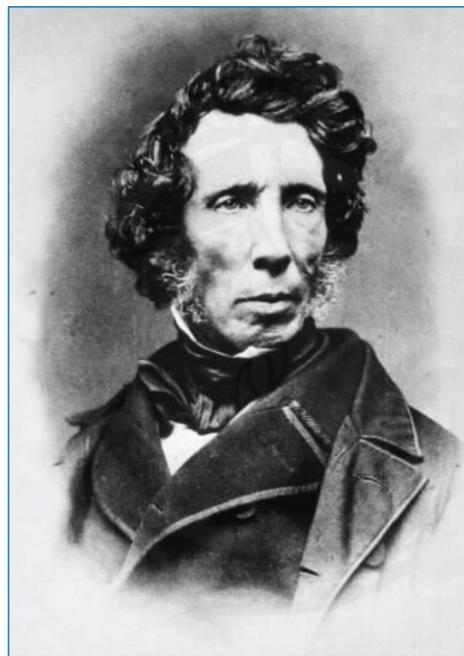
Para el caso de los libros de texto, la síntesis de la urea de Wöhler en 1828 constituye la introducción clásica al estudio de la química orgánica. Estudio que, en el marco LOE, se inicia en cuarto curso de ESO. El análisis de libros de texto realizado concluye que 3 de los 5 libros de texto de cuarto de ESO presentan la síntesis de la urea de Wöhler como el golpe definitivo al vitalismo.

En Bachillerato, 4 de los 5 libros de texto de primer curso analizados y 3 de 5 para segundo, consideran dicha síntesis como uno de los experimentos que contribuyó al fin del vitalismo, junto con otros, como la síntesis del ácido acético por Kolbe en 1845. Tal y como se pone de manifiesto en la Tabla 3, esta presentación es la más extendida en la muestra analizada (45%). Es más, también persiste en buena parte de los libros de texto analizados (25%), especialmente de cursos inferiores, la idea de que la síntesis de la urea de Wöhler fue suficiente para invalidar totalmente la teoría del vitalismo.

**Tabla 3.** La síntesis de la urea de Wöhler y el fin del vitalismo en los libros de texto de ESO y Bachillerato de Física y Química

Ítem	Libros de texto que hacen alusión al ítem (sobre 20)
La síntesis de la urea de Wöhler supuso el fin de la teoría del vitalismo	5
La síntesis de la urea de Wöhler fue uno de los experimentos que contribuyó al fin del vitalismo	9
No se aborda esta cuestión	6

Al igual que ocurría con el caso de Lavoisier y la fundación de la química moderna, la imagen de Wöhler como artífice de la fundación de la química orgánica al librarla del vitalismo no se sostiene desde los estudios históricos de la ciencia. Diversos autores, entre ellos el historiador de la ciencia Peter J. Ramber, han abordado la construcción del mito en torno a la síntesis de la urea de Wöhler como momento fundacional de la química orgánica. Los distintos argumentos que cuestionan dicho mito se pueden agrupar, al menos, en cuatro puntos fundamentales. En primer lugar,



**Figura 5.** Friedrich Wöhler (1800-1882). Se refirió a la química orgánica de su época como “un bosque espeso con pocas sendas, por no decir ninguna”

ni los propios protagonistas (como Wöhler y Berzelius), ni los manuales de química de la época articularon las implicaciones de este experimento en torno a su supuesto papel en el fin de vitalismo. La cuestión central tras la síntesis de la urea hace ya 190 años por Wöhler fue por qué la reacción entre un ácido (el ácido cianico) y una base (amoníaco) producía una sustancia (urea) que no tenía las mismas propiedades que la sal esperada (cianato de amonio).<sup>[25]</sup>

En segundo lugar, la construcción del mito tuvo lugar tras la muerte de Wöhler en 1882, cuando los químicos orgánicos alemanes juzgaron de interés erigir a Wöhler como una figura emblemática nacional, muy apropiada para construir el discurso histórico sobre los orígenes de la química orgánica.<sup>[26]</sup> El tercer argumento apuntado por la investigación histórica sería que en contra de la imagen de la síntesis de la urea como el primer paso hacia la unificación de la química orgánica e inorgánica, los químicos de la época ya habían asumido esta idea como supuesto práctico, algo promovido por el propio Berzelius.<sup>[27]</sup>

Finalmente, cabría destacar que lo que habitualmente se conoce como vitalismo no era en sí mismo una teoría, sino un conjunto más amplio de ideas sobre la naturaleza. Lo que frecuentemente se considera como teoría del vitalismo (la necesidad de una fuerza vital o *vis vitalis* para la síntesis de compuestos orgánicos) era realmente una concepción extrema del vitalismo. En el siglo XVIII encontramos autores que asumieron el *vis vitalis* como una fuerza análoga a la gravitación de Newton y no como un ente inmaterial que no pudiera ser objeto de estudio. En esta línea, Peter Ramber ha apuntado que la construcción del mito no implicó únicamente a la comunidad química. Fisiólogos de la época habrían tenido especial interés en

alimentar el mito de la síntesis de la urea de Wöhler como experimento fulminante del vitalismo en aras de otorgar a su disciplina de un mayor estatus científico, alejándose progresivamente de elementos inmateriales y aproximándose a una interpretación mecanicista de los fenómenos naturales, más propio de las ciencias fisicoquímicas.<sup>[28]</sup>

En contra de la imagen de la historia de la química como una sucesión de experimentos cruciales realizados en fechas clave que acaban categóricamente con saberes y prácticas pretéritas de forma definitiva y abrupta; la síntesis de la urea de Wöhler desde la perspectiva proporcionada por los estudios históricos de la ciencia permite valorar la historia de la química no como un relato cerrado, sino como una reconstrucción del pasado más compleja y crítica. El pensamiento crítico, leitmotiv de la ciencia y de la educación científica, no ha de estar ausente a la hora de abordar la historia de la ciencia. El análisis de los mitos fundacionales que todavía hoy persisten en química, en su enseñanza y en su divulgación constituyen, tal y como hemos visto a lo largo de estas líneas, una valiosa oportunidad para avanzar en este sentido.

## CONCLUSIONES

A tenor del análisis de los libros de texto realizado es posible colegir que:

1. Lavoisier sigue siendo presentado como el padre fundador de la química de forma frecuente en los libros de texto de ESO y Bachillerato. Dichos materiales seguirían ignorando el carácter colectivo de la conformación de la ciencia química o el papel que las mujeres (como Marie Anne Paulze) desempeñaron en dicho proceso. Ni la victoria de Lavoisier frente al flogisto, ni la introducción de la balanza como emblema contarían con el respaldo de la investigación histórica, pese a ser argumentos recurrentes en educación y divulgación.
2. Los libros de texto de ESO y Bachillerato presentan la síntesis de la urea de Wöhler como un importante momento fundacional de la química orgánica, ignorando los resultados de investigación proporcionados por los historiadores de la ciencia. Los intereses en la construcción de dicho discurso, así como aquellos elementos que cuestionan dicho mito (debate de los protagonistas, supuestos con los que se trabaja antes del experimento) se revelan ausentes en dichos materiales educativos.

La consolidación de la historia de la ciencia como disciplina académica en las últimas décadas ha supuesto la incorporación de nuevas aproximaciones metodológicas, objetos de estudio, preguntas y enfoques. Cuestiones como las comentadas en este artículo han sido ampliamente abordadas por los historiadores de la ciencia y muchas han sido ya parcial o totalmente abandonadas. Sin embargo, narrativas históricas como las que se han presentado a partir del aná-

lisis de los libros de texto, imperan todavía hoy en manuales, libros de texto y obras de divulgación.

Dichas narrativas históricas continúan férreamente ancladas en la memoria de la comunidad química. Comunidad de la que una parte de sus miembros podrá dedicarse a la docencia. Docencia en la que se tendrá contacto o se hará uso de materiales educativos como los comentados a lo largo de este artículo. De este modo, dichas narrativas históricas, más próximas (por ser más conocidas) y más frecuentes (dada la todavía escasa visibilidad social y académica de los historiadores de la ciencia), se reafirmarán, acentuando todavía más la desconexión ya existente entre historia, didáctica y comunicación de la ciencia.

Por todo ello se hace fundamental crear puntos de encuentro y de diálogo entre historiadores de la ciencia, investigadores en didáctica de las ciencias, docentes, científicos, divulgadores y comunicadores, a fin de dar lugar a narrativas históricas adecuadas historiográficamente y a la vez útiles para fines didácticos o divulgativos. La visión de la química como la empresa personal de una serie de individuos que borran de forma contundente todo el conocimiento o las prácticas anteriores, además de constituir una falsedad histórica, contribuye a generar una imagen velada, individualista y totalmente descontextualizada de la química. Por el contrario, incorporar los resultados de investigación proporcionados por los historiadores de la ciencia nos ofrece una pléyade de nuevos personajes, problemáticas y cuestiones para aprender no solo química o historia de la química, también sobre química a través de su historia.

La historia de la química se revela así no como una maniquea narración heroica (Lavoisier vs flogisto, Wöhler vs vitalismo), sino como una poderosa herramienta para un aprendizaje crítico de la química de enorme interés para los estudiantes de ESO y Bachillerato (quizás, futuros químicos) y para los químicos en formación (quizás, futuros docentes). Herramienta crítica de gran interés también para la comunicación científica, que puede encontrar en el trabajo de los historiadores de la ciencia una oportunidad para conectar ciencia y sociedad.

## AGRADECIMIENTOS

La elaboración del presente artículo, así como la investigación más amplia en la que se inscribe, ha implicado una intensa labor de documentación desarrollada haciendo uso de los recursos y fuentes disponibles en la Biblioteca de Educación de la Universidad Autónoma de Madrid y la Biblioteca Historicomédica Vicent Peset del Instituto Interuniversitario López Piñero de la Universitat de València. Instituciones a las que se desea dar las gracias.

Asimismo, la mención al profesor Modesto Bargalló como una de las voces destacadas en el estudio de las relaciones entre historia y enseñanza de las ciencias se inscribe dentro del proyecto de investigación sobre su biografía financiado por la Fundación Juanelo Turriano a través de su Beca para Tesis Doctorales en Historia de la Ciencia y la Técnica (Convocatoria 2017).

**BIBLIOGRAFÍA**

- [1] Real Decreto 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 5, de 5 de enero de 2007, pp. 677-773. Recuperado de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2007-238>
- [2] Real Decreto 1467/2007, de 2 de noviembre, por el que se establece la estructura del Bachillerato y se fijan sus enseñanzas mínimas. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 266, de 6 de noviembre de 2007, pp. 45381-45477. Recuperado de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2007-19184>
- [3] *Scholarly Publishers Indicators in Humanities and Social Sciences (2014)*. Recuperado de <http://ilia.cchs.csic.es/SPI/index.html>
- [4] Las "historias de la ciencia" y sus adaptaciones a la enseñanza: un debate abierto (A. Nieto Galán). En *Historia y Filosofía de la ciencia. Aportes para una "nueva aula de ciencias", promotora de ciudadanía y valores* (Eds: M. Quintanilla Gatica, S. Daza Rosales y H. G. Cabrera Castillo), Bellaterra, Santiago de Chile, 2014, pp. 66-75.
- [5] *Chemistry Education and Contributions from History and Philosophy of Science* (M. Niaz), Springer, Nueva York, 2016.
- [6] L. Moreno-Martínez, J. R. Bertomeu-Sánchez, *Ens. Cien.* 2017, N. Ext., 3785-3789.
- [7] *Harvard Case Histories in Experimental Science*, vol. 1-2 (Ed: J. B. Conant), Harvard Univ. Press, Cambridge, 1957.
- [8] J. R. Bertomeu-Sánchez, A. García-Belmar, *An. Quím.* 2008, 104(1), 56-63.
- [9] M. R. Matthews, *Edu. Phil. And Theo.* 1988, 20(2), 67-81.
- [10] *Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science* (M. R. Matthews), Routledge, New York, 1994.
- [11] S. T. Brush, *Science.* 1974. 183(4130), 1164-1172.
- [12] *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching*, vols. 1-3 (Ed: M. R. Matthews), Springer, Dordrecht, 2014.
- [13] *La Ciencia: otras miradas* (Ed: J. M. Sánchez Ron), Instituto de España, Madrid, 2008.
- [14] "¿Para qué sirve la historia de la química? Una reflexión sobre el pasado de una profesión" (A. Nieto-Galán). En *Historia y Filosofía de la Química. Apuntes para la enseñanza* (Ed: J. A. Chamizo), Siglo XXI, México, 2010.
- [15] I. Suay-Matallana, J. R. Bertomeu-Sánchez, *J. Chem. Educ.* 2017, 94(2), 133-136.
- [16] *La historia de la química en el currículo y los libros de texto de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato (LOE). Un estudio desde la didáctica y la historia de la ciencia* (L. Moreno Martínez). Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, 2017.
- [17] *Historia y Filosofía de la Ciencia. Aportes para una "nueva aula de ciencias", promotora de ciudadanía y valores* (Eds: M. Quintanilla Gatica, S. Daza Rosales, H. Cabrera Castillo), Bellaterra, Santiago de Chile, 2014.
- [18] L. Moreno-Martínez, M. A. Calvo-Pascual, *Ens. Cien.* 2017, 35(2), 147-160.
- [19] J. R. Bertomeu-Sánchez, *Dynamis. Acta Hisp. Med. Sci. Hist. Illus.* 2006, 26, 307-322.
- [20] *Lavoisier y la formación de la teoría química moderna* (A. Mieli), Austral, Argentina, 1948.
- [21] *Science as Public Culture: Chemistry and Enlightenment in Britain, 1760-1820* (J. Golinski), Cambridge University Press, Cambridge, 1992.
- [22] *Lavoisier in European Context. Negotiating a New Language for Chemistry* (B. Bensaude-Vincent y F. Abbri), USA, Science History Publications, 1995.
- [23] *La revolución química. Entre la historia y la memoria* (J. R. Bertomeu-Sánchez y A. García-Belmar), Publicaciones de la Universitat de València, Valencia, 2006.
- [24] *The Biographical Dictionary of Women in Science* (Eds.: M. Ogilvie y J. Harvey), Nueva York, Routledge, 2000.
- [25] P. J. Ramberg, *Ambix.* 2000, 47, 170-195.
- [26] That Friedrich Wöhler's synthesis of urea in 1828 destroyed vitalism and gave rise to organic chemistry (P. J. Ramberg). En *Newton's Apple and Other Myths about Science* (Eds: R. L. Numbers, K. Kampourakis). Harvard University Press, Cambridge, 2015.
- [27] J. H. Brooke. *Br. J. Hist. Sci.* 1971, 5, 363-392.
- [28] T. Lipman. *J. Chem. Educ.* 1964, 41, 452-458.