

¿Cómo presentan la historia de la química los libros de texto de Educación Secundaria? Un análisis desde la didáctica y los estudios históricos de la ciencia

Luis Moreno Martínez

Instituto de Historia de la Medicina y de la Ciencia “López Piñero”. Universitat de València, España.

luisccq@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4540-5752>.

M. Araceli Calvo Pascual

Facultad de Formación de Profesorado y Educación. Universidad Autónoma de Madrid, España.

araceli.calvo@uam.es

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5831-4956>

[Recibido: 10 Julio 2018. Revisado: 26 Julio 2018. Aceptado: 31 Julio 2018]

Resumen: Tanto desde la investigación didáctica como desde la investigación histórica se ha señalado la importancia de revisar las narrativas históricas sobre ciencia presentes en materiales educativos. En esta línea, el presente artículo muestra los resultados de investigación del análisis de los libros de texto de Física y Química de ESO y Bachillerato de cinco destacadas editoriales, ampliamente utilizadas en el marco LOE (2007-2016). El análisis realizado ha revelado que si bien escasa, la historia de la química en estos materiales educativos se sitúa lejos de los enfoques proporcionados por la investigación en Historia de la Ciencia; desatendiendo también los requerimientos establecidos por la investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales.

Palabras clave: Historia de la ciencia, historia de la química, didáctica de la química, Educación Secundaria, libros de texto

How do Secondary Education Textbooks treat the History of Chemistry? An analysis from Science Education Research and the History of Science

Abstract: Science education research, as well as the History of Science, has pointed out the importance of reviewing the history of science in teaching materials. From this perspective, this paper presents the results of the analysis of the Physics and Chemistry Secondary Education textbooks from five recognized publishers, widely used between 2007 and 2016 in Spain. This analysis has revealed that, even with a poor presence, the history of chemistry in Secondary Education textbooks neglects the approaches provided by historians of science and the pedagogical requirements established by Science Education research.

Keywords: History of Science, History of Chemistry, Chemistry Education, Secondary Education, Textbooks

Para citar este artículo: Moreno Martínez, L., Calvo Pascual, M. A. (2019) ¿Cómo presentan la historia de la química los libros de texto de Educación Secundaria? Un análisis desde la didáctica y los estudios históricos de la ciencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 16(1), 1101. doi: 10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i1.1101

Introducción

En 2016, el profesor Mansoor Niaz planteó dos interesantes cuestiones para la historia y la didáctica de la química:

“Si la importancia de la historia de la química ha sido reconocida desde las primeras décadas de principios del siglo XX, ¿por qué todavía se sigue debatiendo su inclusión en libros de texto y en el currículo? Y lo que es más difícil de explicar, ¿por qué nuestros actuales libros de texto de Química han desatendido la aproximación histórica?” (Niaz, 2016, p. 7)

Ninguna de estas preguntas tiene fácil respuesta. Sin embargo, la mera formulación de las mismas pone de manifiesto dos aspectos pertinentes. En primer lugar, que el estudio del papel y el tratamiento de la Historia de la Ciencia en los libros de texto constituye un tema de interés académico actual. En segundo lugar, que el estudio de la historia de la química en los libros de texto no puede llevarse a cabo de forma completa desligado del análisis del currículo. La revisión de la historia de la química en el currículo LOE de ESO y Bachillerato (2007-2016) revela que los aprendizajes sobre historia de la química en el mismo se limitan a un número escaso de ítems (la historia de los modelos atómicos, de la clasificación de los elementos químicos, de las leyes de las combinaciones químicas, de las teorías ácido-base y de la química orgánica). No obstante, la incorporación de la historia de la química a la enseñanza cuenta con respaldo curricular explicitado en forma de objetivos, contenidos, criterios de evaluación y competencias; tanto de las materias de Física y Química, como de otras materias procedentes del ámbito científico-tecnológico y del ámbito humanístico-social. Todo ello en sintonía con el carácter deslocalizado de la Historia de la Ciencia en el currículo escolar (Moreno Martínez y Calvo Pascual, 2017).

Partiendo de dicha revisión curricular, se analizaron los libros de texto (LOE). Análisis que se planteó no en términos de porqués, como las preguntas formuladas por el profesor Niaz, sino en términos de cómo. Así, los resultados del estudio empírico realizado desde el marco teórico que se esbozará a continuación, han permitido conocer el tratamiento otorgado a la historia de la química en una muestra de libros de texto de ESO y Bachillerato correspondiente a cinco prestigiosas editoriales, ampliamente utilizadas en nuestros centros educativos de Educación Secundaria durante el periodo 2007-2016. Creemos que los resultados de este análisis pueden contribuir al fortalecimiento de un necesario marco renovado de reflexión crítica sobre historia de la química en la Didáctica de las Ciencias Experimentales.

Marco teórico

A lo largo de las últimas décadas han sido numerosos los trabajos de investigación que han explorado las relaciones entre historia, enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Si bien en la conformación del marco teórico de la investigación realizada se han considerado aquellos trabajos inscritos en el contexto de la Didáctica de las Ciencias Experimentales como disciplina institucionalizada, conviene destacar que la pertinencia de la historicidad a la hora de abordar la enseñanza de las ciencias constituye una cuestión de interés actual, pero en absoluto nueva. Así, los usos pedagógicos de la Historia de la Ciencia fueron una cuestión destacada en la renovación que experimentó la enseñanza de las ciencias en España en el primer tercio del siglo XX (Moreno Martínez y Bertomeu Sánchez, 2017).

Las revisiones más recientes, tanto en el ámbito general de la educación científica (Izquierdo Aymerich *et al.*, 2014; Matthews, 2014; Quintanilla Gatica *et al.*, 2014), como para la educación química (Ávila Rodríguez, 2011; Chamizo, 2010; Niaz, 2016), revelan la Historia de la Ciencia en educación como una línea de investigación fértil y plenamente consolidada. Dicha consolidación se inscribe en el marco de una extendida unanimidad en torno a la importancia de la historia para la enseñanza de las ciencias, habiéndose proporcionado varios motivos desde la investigación didáctica de las últimas décadas. Así, para el alumnado, la Historia de la Ciencia mostraría cómo se ha construido el conocimiento científico, relaciona la ciencia con otras áreas del saber, permite la adquisición del pensamiento crítico y propicia la reflexión sobre las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad, entre otros aspectos. Para el docente de ciencias, la Historia de la Ciencia constituiría un posible criterio de selección y secuenciación de contenidos, un hilo conductor de las unidades didácticas, una herramienta

para mostrar la ciencia como actividad humana y una oportunidad para la colaboración con docentes de otras áreas, entre otras potencialidades.

De todas ellas cabe destacar que la Historia de la Ciencia constituye una poderosa herramienta a fin de evitar las visiones distorsionadas sobre ciencia que en ocasiones se pueden inducir en el acto educativo: la visión empirista de la ciencia, que muestra la experimentación como algo no sujeto a ideas a priori; la visión rígida, que concibe la práctica científica como una aplicación algorítmica del método científico; la visión aproblemática, que muestra la ciencia como un conjunto de conocimientos acabados, obviando las dificultades tras su construcción; la visión acumulativa, que muestra la historia de la ciencia como una evolución lineal; la visión velada, que desatiende cuestiones de género y discriminación en la actividad científica; la visión individualista, que considera la historia de la ciencia como el discurso del éxito de genios aislados; y la visión descontextualizada, que concibe la ciencia como una actividad ajena a cuestiones políticas, sociales o económicas (Gil Pérez, 1993; Fernández *et al.*, 2002). A fin de evitar incurrir en dichas visiones deformadas sobre la actividad científica, la investigación didáctica ha abordado qué características ha de presentar la Historia de la Ciencia en contextos y materiales educativos (Solbes y Traver, 1996). De este modo, se ha subrayado que la Historia de la Ciencia que ha de estar presente en educación es aquella que nace del trabajo de los historiadores de la ciencia y que lo hace en un marco avalado por la didáctica de las ciencias, dando respuesta a las necesidades del profesorado (Quintanilla Gatica *et al.*, 2014).

No obstante, desde los estudios históricos de la ciencia se ha señalado que cuando se lleva a cabo un análisis crítico de la Historia de la Ciencia presente en materiales y contextos educativos, las narrativas históricas localizadas se sitúan lejos de las perspectivas y resultados proporcionados por los historiadores de la ciencia. Así, la Historia de la Ciencia presente en los libros de texto sería:

“La historia de los grandes logros de la humanidad en su esfuerzo continuado por comprender y modificar la naturaleza; la epopeya de grandes genios irrepetibles, de generaciones que han superado siempre a los anteriores, de antecedentes indiscutibles de nuestra sabiduría presente, de grandes teorías e ideas, que con independencia de las condiciones materiales de cada época o lugar histórico se habrían erigido en los símbolos inequívocos del progreso científico.” (Nieto Galán, 2014, p. 69)

Si bien dichas narrativas históricas cargadas de mitos de heroicidad tendrían un aparente mayor atractivo, conducen a imágenes muy deformadas de la actividad científica y de cómo las prácticas y saberes científicos se produjeron, se asimilaron y circularon a lo largo de la historia (Bertomeu Sánchez, 2011). De este modo, el análisis crítico de dichas narrativas presente en los libros de texto de ciencias constituiría una tarea de interés para la Didáctica de las Ciencias.

En las últimas décadas, diversos trabajos han abordado la historia de la química en los libros de texto. Así, se ha estudiado la presentación de los modelos atómicos de Thomson, Rutherford, Bohr, Sommerfeld y el modelo cuántico (Cid Manzano y Dasilva Alonso, 2012; Cuellar Fernández, 2010; Doménech Blanco *et al.*, 2013; Solbes *et al.*, 1987). También se ha analizado la forma en que los libros de texto introducen leyes fundamentales de la química como la(s) hipótesis de Avogadro (Bertomeu Sánchez y Muñoz Bello, 2003) o el principio de Le Chatelier (Quílez y Sanjosé, 1996) y se ha revisado la construcción histórica de conceptos fundamentales de la química, como el concepto de valencia (Gallego Badillo *et al.*, 2004), ion (Galache López y Camacho Domínguez, 1992; Galache López *et al.*, 1991), mol y cantidad de sustancia (Furió *et al.*, 1999) o entropía (Padilla Martínez, 2010), entre otros muchos ejemplos. Asimismo, desde la Didáctica de las Ciencias se ha apuntado la necesidad de narrativas históricas educativas sobre ciencia que incorporen aspectos sociales, políticos, económicos o afectivos (Farías y Castelló, 2013).

Desde esta óptica, el presente trabajo aborda el tratamiento de la historia de la química en los libros de texto de Física y Química atendiendo a una serie de ítems que, si bien ampliamente abordados por los historiadores de la ciencia y avalados por la investigación didáctica, se han revelado pendientes para el marco LOE.

Marco metodológico

Desde el marco teórico anteriormente esbozado, se plantearon dos preguntas de investigación: ¿Presenta la historia de la química recogida en los libros de texto diferencias significativas con el trabajo de los historiadores de la ciencia? y ¿qué implicaciones didácticas tienen dichas diferencias sobre la imagen de la química como ciencia? Partiéndose de la hipótesis general de que existe una desconexión significativa entre la historia de la química de los libros de texto y los estudios históricos de la ciencia (más allá de la pertinente transposición didáctica), se establecieron nueve hipótesis específicas (H1 a H9), según las cuales, los libros de texto:

- H1. Presentan la química como una ciencia fundada por Lavoisier.
- H2. Ignoran cómo se intentó explicar los resultados del experimento de la lámina de oro de acuerdo con el modelo de Thomson.
- H3. Presentan la síntesis de la urea de Wöhler como el fin del vitalismo.
- H4. No abordan significativamente la teoría del flogisto.
- H5. No atienden a prácticas y saberes anteriores a la química como disciplina.
- H6. Presentan la teoría atómica de Dalton como la primera explicación corpuscular de los fenómenos naturales, tras las explicaciones del atomismo filosófico griego.
- H7. Obvian la historia de los modelos de enlace químico.
- H8. Desatienden el papel de las mujeres en la historia de la química.
- H9. No otorgan un papel destacado a los instrumentos científicos.

Se trata de nueve ítems que hacen alusión a una serie de cuestiones ampliamente estudiadas e incluso ya abandonadas por los historiadores de la ciencia, pero que encierran múltiples potencialidades para la investigación didáctica sobre historia de la química en materiales educativos, en la medida que permiten analizar la naturaleza de la química como actividad humana que se vislumbra a través de las narrativas históricas escolares.

Para el análisis del tratamiento de la historia de la química en los libros de texto se diseñó un instrumento metodológico que incluía un cuestionario (Figura 1) y una ficha de registro de referencias históricas (Figura 2). Esta última permitió obtener información cualitativa que completó la información cuantitativa facilitada por la aplicación del cuestionario. El cuestionario empleado constó de 10 cuestiones (la décima cuestión no se incluye por no estar vinculada a las preguntas de investigación abordadas en el presente artículo). En todos los casos se trata de cuestiones de respuesta cerrada y, salvo en dos casos (c6 y c7), excluyentes (es decir, con una única opción de respuesta válida). Estas cuestiones se han diseñado en consonancia con las hipótesis específicas planteadas en torno a la historia de la química en los libros de texto (H1 a H9) y permitieron dar respuesta a las preguntas de investigación definidas. Siguiendo las pautas de diseño metodológico de cuestionarios en investigación educativa (Cáceres, 2017; Navarro Asencio *et al.*, 2017; Sureda Negre y Comas Forgas, 2017), el diseño del cuestionario se llevó a cabo en tres fases.

En la primera fase se elaboró un repertorio de 52 cuestiones a partir de las lecturas del marco teórico. El objetivo era generar una batería de cuestiones a partir de las cuales se estableciesen un número mucho menor de cuestiones definitivas. La segunda fase consistió en un primer

proceso de validación a partir de la evaluación de expertos externos. Los expertos evaluaron cada una de las cuestiones del repertorio en términos de pertinencia de la cuestión y de claridad de redacción de la cuestión y las respuestas. Ambos aspectos se valoraron en una escala de 1 (poco pertinente/poco claro) a 4 (muy pertinente/muy claro), con posibilidad de incorporación de comentarios. El grado de concordancia de los revisores fue elevado (tan solo en 3 cuestiones de las 52 totales se obtuvieron valoraciones netamente diferenciadas).

CUESTIONARIO	
c1. ¿Se presenta a Lavoisier como padre fundador de la química moderna?	a) Sí. b) No. c) No se aborda.
c2. En relación al experimento de la lámina de oro que llevó a Rutherford a postular la existencia del núcleo atómico, ¿se explican los resultados que cabría esperar de acuerdo al modelo de Thomson?	a) Sí. b) No. c) No procede.
c3. En relación a la síntesis de la urea de Wöhler en 1828:	a) Se indica que supuso el fin definitivo del vitalismo. b) Se presenta como uno de los experimentos que contribuyeron a la crisis del vitalismo. c) No procede.
c4. En relación a la teoría del flogisto:	a) Se aborda, señalando que fue una teoría superada por los trabajos de Lavoisier. b) Se aborda, señalando su utilidad para explicar diversos fenómenos químicos con anterioridad a los trabajos de Lavoisier. c) No procede.
c5. ¿Se hace referencia a prácticas, saberes y tradiciones anteriores a la química científica?	a) Sí. b) No.
c6. En relación a los átomos como partículas constituyentes de la materia:	a) Se sitúan los orígenes del atomismo en la filosofía griega. b) Se atiende a distintas formas de atomismo con anterioridad a Dalton. c) Se presenta la teoría atómica de Dalton como la primera forma de atomismo capaz de explicar fenómenos químicos. d) No procede.
c7. En relación a la historia de los modelos de enlace químico:	a) Se presenta a Lewis como artífice del concepto electrónico de enlace químico. b) Se atiende a las contribuciones de Langmuir. c) Se incluyen otras referencias a la historia del enlace químico. d) No procede.
c8. ¿Se hace referencia a las mujeres en la historia de la química?	a) Sí. b) No.
c9. ¿Se explica el papel de los instrumentos en la historia de la química?	a) Sí. b) No.

Figura 1. Cuestionario empleado en el análisis de los libros de texto

Temática	Localización (libro, unidad didáctica, página)	Texto, imagen o actividades	Referencia a la historia de la química
(ej.) Atomismo	Libro de 3º ESO Editorial A, Unidad didáctica 4, p.76	Texto	"Para Leucipo y Demócrito, la materia era discontinua, lo que implicaba aceptar la existencia del vacío y de átomos eternos..."

Figura 2. Ficha de registro de referencias históricas empleada en el análisis de los libros de texto

Entre los principales comentarios de los evaluadores cabe destacar la importante acumulación de respuestas negativas ante cuestiones históricas no abordadas en los libros de texto. Teniendo en cuenta estos aspectos, se redujo el número de cuestiones a 10, utilizando como

criterio principal su adecuación a los ítems sobre historia de la química anteriormente presentados. Finalmente, antes de la aplicación del cuestionario a la muestra se llevó a cabo un proceso de validación mediante prueba piloto. Dicha prueba permitió la introducción de modificaciones. Entre ellas, cabe destacar la incorporación de “No se aborda” como una de las opciones de respuesta, a fin de poder emplear un único cuestionario con independencia del curso y etapa. Este aspecto se reveló crucial pues la prueba piloto mostró que si bien hay contenidos no fijados a nivel curricular para un determinado curso, los libros de texto sí lo abordan. De este modo, un modelo único de cuestionario permite obtener información cuantitativa que se perdería desde el punto de vista estricto del currículo.

En lo que respecta a la selección de la muestra de libros de texto analizada, la misma se llevó a cabo atendiendo al ranking de prestigio editorial según expertos españoles para el ámbito de la educación establecido por el estudio *Scholarly Publishers Indicators in Humanities and Social Science* (SPI, 2014). De entre las distintas editoriales recogidas se seleccionaron tres editoriales españolas y dos extranjeras con línea editorial en España que ocupaban los primeros puestos del ranking y que en el marco LOE para ESO y Bachillerato (2007-2016) contaban con proyectos editoriales actualizados y extendidos al conjunto de las comunidades autónomas. Por motivos de derecho editorial, a lo largo del presente artículo se hará alusión a citas recogidas por aplicación de la ficha de registro a la muestra de libros de texto sin indicarse la editorial de los mismos (se señalará como “LT, curso y etapa”). La relación de libros de texto analizados se incluye a modo de anexo ([Anexo 1](#)).

Resultados y discusión

A fin de lograr la consecución del primer objetivo, se aplicó el cuestionario (el cual conviene tener delante para la interpretación de las gráficas siguientes) a la muestra de libros de texto anteriormente descrita. De este modo, los resultados obtenidos (identificados como R1 a R9, en alusión a las correspondientes hipótesis específicas H1 a H9) han sido los siguientes.

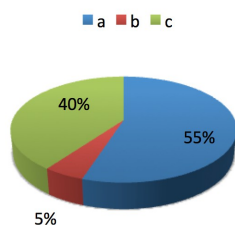


Figura 3. Resultados de c1: Lavoisier y la fundación de la química

R1. En los libros de texto persiste la imagen de Lavoisier como padre fundador de la química, en consonancia con la hipótesis planteada (H1). La paternidad se suele legitimar en dichos materiales aludiendo a la introducción de la balanza en la práctica química (principalmente) y la invalidación de la teoría del flogisto por parte de Lavoisier (en menor medida, tal y como se comenta en R4). Un “metódico” (LT, 1º Bach.) y “cuidadoso” (LT, 4º ESO) Lavoisier habría bastado para “marcar el inicio” de la ciencia química (LT, 3º ESO), aunque “los ingleses considerarían a Boyle el primer químico” (LT, 2º Bach.).

La investigación histórica ha cuestionado y superado esta imagen mitificada; señalando que la balanza ya era ampliamente empleada e incluso imprescindible en muchos laboratorios antes de los trabajos de Lavoisier, a la par que la comunidad química posterior habría exagerado tanto la importancia de la teoría del flogisto en época de Lavoisier como su crítica a la misma (Bensaude-Vincent y Abbri, 1995; Bertomeu Sánchez y García Belmar, 2006; Golinski, 1922; Mieli, 1948). De este modo, al obviar estas cuestiones, los libros de texto reflejarían una visión individualista de la química, que se concibe como una obra de grandes genios aislados (Moreno Martínez y Calvo Pascual, 2018).

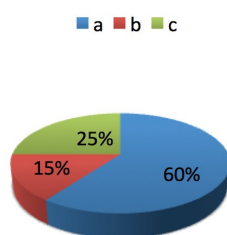


Figura 4. Resultados de c2: Thomson y el experimento de la lámina de oro y las partículas alfa de Rutherford.

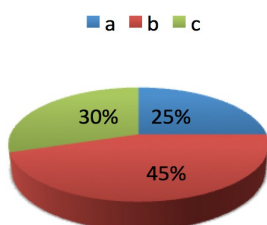


Figura 5. Resultados de c3: La síntesis de la urea de Wöhler.

R2. Los libros de texto sí suelen explicar el experimento de bombardeo con partículas alfa de la lámina de oro llevado a cabo por Rutherford y colaboradores en la década de 1910 usando, primero, el modelo (fallido) de Thomson y, después, el modelo (satisfactorio) de Rutherford.

No obstante, en consonancia con la hipótesis de partida (H2), ninguno de los libros de texto hace alusión a que Thomson trató de explicar los resultados experimentales, aludiendo a que las desviaciones observadas podían deberse a la suma de desviaciones sencillas experimentadas por las partículas alfa al atravesar la lámina; en la línea apuntada por la investigación histórico-didáctica (Brock, 2016; Níaz, 2016). Así, los libros de texto obviarían cómo los modelos en ciencia rivalizan y conviven, en aras de una imagen en la que los mismos se suceden linealmente (Moreno Martínez, 2018).

R3. Los libros de texto presentan la síntesis de la urea de Wöhler de 1828 bien como un “descubrimiento casual” (LT, 2º Bach.) que “echaba por tierra la teoría del vitalismo” (LT, 4º ESO), bien como “uno de los experimentos que contribuyó a su total abandono” (LT, 1º Bach.); matizándose así la hipótesis de partida (H3). Aunque es posible encontrar alusiones al “carácter accidental” del hallazgo (LT, 2º Bach.), esta imagen se sitúa lejana a la mostrada por los estudios históricos de la ciencia (Brooke, 1971; Lipman, 1964; Ramberg, 2000 y 2015).

Los intereses en la construcción de dicho mito (creación del mismo a raíz de la muerte de Wöhler, enarbolada por la química orgánica alemana, con el apoyo de otros colectivos científicos interesados en aproximarse al carácter mecanicista de las ciencias fisicoquímicas), así como aquellos elementos que lo cuestionan (debate de los protagonistas, supuestos con los que se trabaja antes del experimento) son ignorados por los libros de texto (Moreno Martínez y Calvo Pascual, 2018). De este modo, se introduce una visión descontextualizada de la química, cuya historia implicaría una sucesión de experimentos clave que de forma categórica acaban con saberes pretéritos.

R4. La teoría del flogisto apenas está presente en los libros de texto. Del 30% de los libros de texto que la abordan, el 20% la presenta como “una creencia errónea del pensamiento científico de la época que fue desmontada por Lavoisier” (LT, 1º Bach.) y solo un 10%, como un marco útil para explicar diversos fenómenos de la época, asumiendo el flogisto como “una sustancia incolora y sin peso que las sustancias podían perder o ganar” (LT, 1º Bach.) durante procesos como la combustión. Este aspecto, además de permitir aceptar la hipótesis de partida (H4), concuerda con el primer resultado presentado (R1), pues muestra cómo el papel de Lavoisier como padre fundador de la química ni siquiera se trata de justificar elaboradamente en los libros de texto, más allá de la alusión a la introducción balanza.

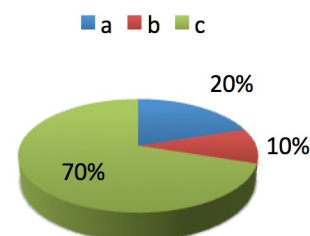


Figura 6. Resultados de c4: La teoría del flogisto.

Todo ello, en sintonía con una visión ahistórica, aproblemática e individualista de la ciencia. En definitiva, con una historia de la ciencia escolar que desatiende los resultados

proporcionados por la investigación histórica (Bensaude-Vincent y Stengers, 1997; Bertomeu Sánchez y García Belmar, 2006; Mieli, 1948).

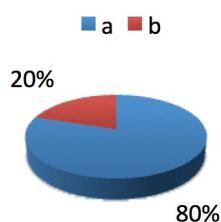


Figura 7. Resultados de c5: Prácticas y saberes anteriores a la química como disciplina científica

R5. Las prácticas y saberes anteriores a la moderna ciencia química sí hacen acto de presencia, en contra de la hipótesis planteada (H5). Este aspecto sí se sitúa en la línea mostrada por los historiadores de la ciencia (Bensaude-Vincent y Stengers, 1997; García Belmar y Bertomeu Sánchez, 1999; Parshall, Walton y Moran, 2015), que han mostrado que aunque la química es una disciplina joven, surgió como confluencia de múltiples prácticas, saberes y tradiciones, cuyos orígenes se pierden en la noche de los tiempos. De este modo, podemos encontrar referencias a las “técnicas de embalsamamiento de cadáveres y la elaboración de perfumes o el conocimiento de los metales en la Prehistoria” (LT, 3º ESO) o a la “extracción de metales y producción de tintes por sumerios, asirios y babilonios y a la elaboración de jabones y perfumes en Egipto”; si bien “aquello no era química en el sentido científico que nosotros entendemos hoy” (LT, 4º ESO).

Especial atención merece el caso de la alquimia, aunque solo se la menciona en el 20% de los libros de texto de ESO analizados y en el 30% de los de Bachillerato. En estos, la alquimia habría supuesto “el descubrimiento y preparación de ácidos (ácido clorhídrico, ácido nítrico, ácido sulfúrico...) y bases durante el siglo VIII, técnicas de destilación desarrolladas en la Edad Media o la preparación de lejía a partir de cenizas” (LT, 1º Bach.). Si bien estas líneas no ignoran prácticas y saberes anteriores a la química moderna, su forma de presentarlos induce una visión triunfalista de la química, erigiéndola como el resultado esperable tras la alquimia. La historia de la química se muestra pues como un relato del éxito que solo subraya de la alquimia aquellas prácticas y saberes que resultaron útiles a la química posterior, induciendo una visión lineal y acumulativa de la química como ciencia.

R6. En los libros de texto se induce la idea de que, si bien el atomismo nace en la Grecia clásica en su concepción filosófica, no será usado para explicar fenómenos de la naturaleza hasta Dalton. Aunque en alguno de los libros de texto se indica que “siempre hubo defensores de la teoría atomista, como Epicuro, Lucrecio y Giordano Bruno” (LT, 2º Bach.) o “Boyle, Galileo, Bacon, Hookes y Newton” (LT, 1º Bach.), prevalece la idea de que el atomismo fue “desterrado del pensamiento” (LT, 3º ESO).

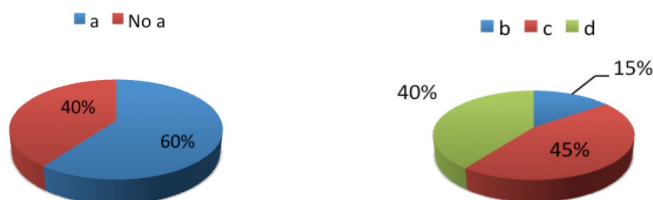


Figura 8. Resultados de c6: El atomismo en la historia de la ciencia para explicar fenómenos de la naturaleza desde un enfoque corpuscular.

Así, se indica que dicho descarte se produjo ora por “implicar el atomismo la existencia del vacío y de átomos eternos, como el universo y los dioses” (LT, 3º ESO), ora por el “prestigio de Aristóteles” que abogó por la continuidad de la materia (LT, 3º ESO). De este modo, será a principios del siglo XIX cuando Dalton “recuperó la hipótesis de la existencia de los átomos,

olvidada durante veintitrés siglos”, proponiendo la “primera teoría atómica fundamentada científicamente” (LT, 4ºESO).

En consonancia con la hipótesis de partida (H6), esta visión se sitúa lejana a la proporcionada por los estudios históricos y epistemológicos de la ciencia (Brock, 1967, 2016; Diéguez, 1995; Izquierdo Aymerich, 2010; Nye, 1996) que han mostrado que mucho antes de los trabajos de Dalton, otros filósofos naturales emplearon diferentes concepciones corpusculares de la materia para explicar distintos fenómenos de la “ciencia” de la época. Asimismo, es posible encontrar explicaciones alquímicas en las que los elementos (bien aristotélicos, bien parecelianos) asumían un carácter corpuscular a la hora de combinarse para formar los distintos cuerpos. Aspectos que revelan cómo los libros de texto se sitúan todavía hoy lejanos a los estudios históricos al obviar cómo los conceptos científicos han tenido significados cambiantes a lo largo de la historia, desatendiendo también la visión diacrónica y la dimensión ontológica de la química que la didáctica de las ciencias promueve (Izquierdo Aymerich *et al.*, 2016).

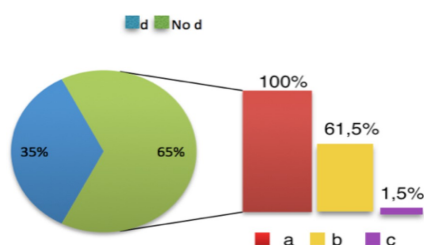


Figura 9. Resultados de c7: La historia de las uniones químicas.

R7. Sí es posible encontrar alusiones a la historia del enlace químico en los libros de texto. No obstante, en la línea apuntada por la hipótesis específica correspondiente (H7), dichas alusiones son superficiales y anecdóticas, consistiendo básicamente en referencias epónimas a Lewis o Langmuir. Los libros de texto ignoran la historia de las distintas explicaciones de las uniones químicas, tales como los trabajos de Lewis para explicar el concepto de valencia o la labor de

apropiación, difusión y popularización realizada por Langmuir (Chamizo, 2015; Gavroglu y Simoes, 2012; Nye, 1996; Palmer, 1965; Shaik y Hiberty, 2008).

R8. En los libros de texto se desatiende el papel de las mujeres en la historia de la química. Entre las escasas mujeres presentes en los libros de texto analizados encontramos a Hipatia (LT, 3ºESO), “ejemplo de esfuerzo e integridad científica” (LT, 3ºESO), Henrietta Leavitt (LT, 3ºESO), Annie Jump Cannon (LT, 3ºESO), Rosalind Franklin (LT, 3ºESO), Lisa Meitner (LT, 4º ESO) o Rachel Carson (LT, 4ºESO). Aunque es posible encontrar referencias al olvido de Rosalind Franklin en la concesión del Premio Nobel como “una de las mayores injusticias de la historia de estos premios” (LT, 3ºESO); la cuestión ciencia y género no es abordada de forma significativa por ninguno de los libros de texto analizados.

En esta línea, cabe destacar dos casos de interés vinculados con otras dos mujeres de la historia de la química. El primero lo encontramos en uno de los libros de texto de tercer curso de ESO. En él se incluye un epígrafe titulado “grandes científicos”, con varias líneas del tiempo para situar a personalidades de la ciencia en su época. De un total de 76 personalidades, solo encontramos una mujer: Marie Curie. El segundo caso lo constituye el hecho de que ninguno de los libros de texto de ESO y Bachillerato analizados aborde de manera significativa las contribuciones de Marie Anne Paulze, más allá de su mención como colaboradora de Lavoisier a pie de imagen, en aquellos casos en los que se incluye la imagen del lienzo del matrimonio Lavoisier elaborada por Jacques-Louis David en 1788. El papel de Marie Anne traduciendo e ilustrando textos

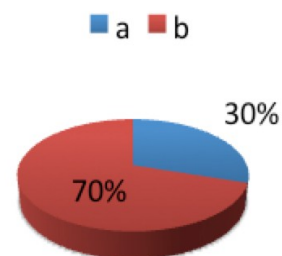


Figura 10. Resultados de c8: Las mujeres en la historia de la química.

científicos o su labor realizando experimentos y organizando reuniones científicas, entre otros, son desatendidos por estos materiales educativos. Dos casos que, junto al carácter anecdótico de las referencias a las mujeres científicas anteriormente citadas, se sitúan en consonancia con la hipótesis de partida (H8), esto es, con una imagen velada de la historia de la química.

Historia en la que las mujeres no son visibles, pese a que la LOE establece la importancia de fomentar la igualdad de derechos y oportunidades entre mujeres y hombres, analizando y valorando críticamente las desigualdades existentes e impulsando la igualdad real. Aspectos explicitados a nivel curricular en forma de competencia en ESO (competencia social y ciudadana) y de objetivo de etapa en Bachillerato; que serían desatendidos por los libros de texto. Un reflejo de los riesgos de una enseñanza basada en el libro de texto como único y principal recurso didáctico y de la importancia de abordar el papel de las mujeres en la historia de la ciencia, línea actual de trabajo en historia y didáctica de las ciencias (Fox Keller, 1995; Jornadova, 1993; López Navajas, 2014; Vázquez Alonso y Manassero Mass, 2003; Schiebinger, 1990, 2004; Watts, 2007).

R9. Se hace alusión a instrumentos científicos a lo largo de las explicaciones en el 100% de los libros de texto analizados. No obstante, el registro de referencias revela que se trata de alusiones poco destacadas, tal y como apuntaba la hipótesis de partida (H9). Los libros de texto no consideran los instrumentos científicos como valiosos recursos para comprender aspectos conceptuales y materiales de la ciencia en diferentes contextos históricos, en la línea apuntada por los historiadores de la ciencia (Bertomeu Sánchez y García Belmar, 2002; Hankins y Helden, 1994; Heering, 2009; Matthews, Gauld y Stinner, 2006; Simon, García Belmar y Bertomeu Sánchez, 2005). La presencia de los instrumentos científicos en los libros de texto se limita a una sucesión de nombres e imágenes (versorio, electroscopio, tubos de descargas, pila de Volta, espectroscopio...) que aderezan las explicaciones, pero que en modo alguno aprovechan las potencialidades didácticas de una historia material de la química. Todo ello en consonancia con una visión empirista de la ciencia, que relega la experimentación a la mera obtención de datos.

Conclusiones y retos

A tenor de los resultados obtenidos es posible colegir que la historia de la química de los libros de texto de ESO y Bachillerato (LOE) está lejos de ser una Historia de la Ciencia adecuada en términos historiográficos y didácticos. Así, la historia de la química en los libros de texto contribuye a generar una imagen individualista, aproblemática, empirista y velada de la química como actividad humana. Una imagen contraria a la mostrada por los historiadores de la ciencia, que tampoco concuerda ni con la naturaleza de la ciencia promovida por los profesionales de la didáctica de las ciencias, ni con la que el propio currículo LOE establece: la ciencia como una actividad humana colectiva, en permanente construcción, sujeta a factores sociales, políticos y económicos, y productora de un conocimiento tentativo, hipotético y en continua revisión. Por el contrario, la historia de la química se muestra en los libros de texto como una sucesión de fechas en las que señores geniales (pues las mujeres permanecen invisibilizadas) acaban de forma categórica con saberes pretéritos a través de experimentos cruciales. Experimentos en los que los instrumentos son meras herramientas y de los que surgen nuevos modelos y leyes que, en modo alguno rivalizan o conviven.

Lejos de este discurso lineal y acumulativo, la historia de la química es la reconstrucción de la labor de grupos de mujeres y hombres que en diferentes contextos abordaron el estudio de la materia. Un estudio con preguntas y conceptos cambiantes, que no pueden extrapolarse sin cautela más allá del marco en el que se gestaron y desarrollaron. Una empresa humana colectiva en la que hubo callejones sin salida y controversias y en la que entraron en juego

factores políticos, económicos y sociales. Llevar a las aulas esta historia de la química, produciendo narrativas e imágenes fieles a la investigación histórica y a los requerimientos didácticos, se erige como un desafío pendiente de la enseñanza de las ciencias.

Un desafío acometido por diversos docentes e investigadores durante las últimas décadas. Así, hace más de 30 años, Gagliardi y Giordan (1986) abogaron por abandonar el uso de cuestiones del tipo “¿quién descubrió...?” en la enseñanza para evitar en una imagen individualista de la ciencia que obviaría la colectividad tras los “descubrimientos científicos”. En el año 2000 fue publicada una propuesta de currículo de Historia de la Ciencia para Educación Secundaria (Hernández González y Prieto Pérez, 2000). Hace una década, Camacho González y Quintanilla Gatica (2008) propusieron varias estrategias para la resolución de problemas de química desde la historia de la ciencia. Más recientemente, Acevedo Díaz, García Carmona y Aragón Méndez (2017) han seleccionado varias controversias de la Historia de la Ciencia de interés didáctico para estudiantes de Educación Secundaria y profesorado en formación. A nivel curricular, en el marco LOMCE, la Comunidad de Madrid incorporó Filosofía e Historia de la Ciencia como asignatura de libre configuración en Bachillerato a partir del curso 2017-2018 (Orden 2200/2017). Todos estos aspectos muestran cómo la Historia de la Ciencia trata de encontrar su espacio en la enseñanza.

A tenor del análisis realizado para el caso de la historia de la química, ese espacio parece estar lejos de haber sido hallado. Por ello, creemos de interés apuntar dos líneas de actuación. En primer lugar, incidir en el análisis de las utilidades didácticas de la Historia de la Ciencia. Si bien esta cuestión se abordará en futuros trabajos, creemos necesario: promover la búsqueda y selección crítica de fuentes históricas sobre ciencia (textos, imágenes...) en el aula; introducir en las unidades didácticas más referencias a la Historia de la Ciencia que muestren el papel de las mujeres científicas, el carácter colectivo de la ciencia (aumentando las referencias a congresos, grupos de investigación, instituciones, organismos...) y su dimensión social (por ejemplo a través de biografías problematizadas, controversias...); repensar el tipo de personajes y espacios de ciencia que han de estar presentes en las narrativas históricas escolares; consolidar la formación inicial y permanente del profesorado en Historia de la Ciencia y reflexionar sobre la necesidad de un nuevo lenguaje en las narrativas históricas escolares, dadas las visiones deformadas de la historia y la naturaleza de la ciencia que pueden inducirse a través de las referencias epónimas a modelos, leyes y teorías localizadas, entre otros aspectos. En segundo lugar, consideramos necesario enriquecer la reflexión didáctica sobre la Historia de la Ciencia, incorporando las investigaciones históricas sobre la enseñanza de las ciencias. Profundizar en el conocimiento histórico de la enseñanza de las ciencias puede revelar usos pedagógicos de la Historia de la Ciencia de interés para la actual Didáctica de las Ciencias Experimentales, tal y como señalan investigaciones recientes (Moreno Martínez y Bertomeu Sánchez, 2017). Una mayor comunicación entre los investigadores en historia y didáctica de las ciencias y entre estos y el profesorado podrá contribuir a que la pregunta que da título al presente artículo tenga una muy distinta respuesta en el futuro. Esperamos que así sea.

Referencias

- Acevedo Díaz, J. A., García Carmona, A., & Aragón Méndez, M. M. (2017). *Enseñar y aprender naturaleza de la ciencia mediante el análisis de controversias de historia de la ciencia. Resultados y conclusiones de un proyecto de investigación didáctica*. Madrid: Organización de Estados Iberoamericanos, IBERCIENCIA y Junta de Andalucía.
- Ávila Rodríguez, L. E. (Ed.) (2011) *Química: Historia, Filosofía y Educación*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.

- Bel Martínez, J. C. (2017) Imagen y libros de texto de Historia en Educación Primaria: estudio comparativo a partir de un análisis cualitativo. *Revista de Educación* (377), 82-112.
- Bensaude-Vincent, B., & Abbri, F. (Eds.) (1995) *Lavoisier in European Context. Negotiating a New Language for Chemistry*. USA: Science History Publications.
- Bensaude-Vincent, B., & Stengers, I. (1997) *Historia de la Química*. Madrid: Addison-Wesley/Universidad Autónoma de Madrid.
- Bertomeu Sánchez, J. R. (2011) Pedagogía química y circulación de la ciencia: el sistema periódico de los elementos durante el siglo XIX. En L. E. Ávila Rodríguez (Ed.), *Química: Historia, Filosofía y Educación* (pp. 25-42). Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Bertomeu Sánchez, J. R., & Muñoz Bello, R. (2003) La historia de la ciencia en los libros de texto: La(s) hipótesis de Avogadro. *Enseñanza de las ciencias* 21(1), 147-159.
- Bertomeu Sánchez, J. R., & García Belmar, A. (2002) *Abriendo las cajas negras. Colección de instrumentos científicos de la Universitat de València*. Valencia: PUV.
- Bertomeu Sánchez, J. R., & García Belmar, A. (2006) *La revolución química. Entre la historia y la memoria*. Valencia: Publicaciones de la Universitat de València.
- Brock, W. H. (Ed.). (1967) *The Atomic Debates*. Leicester: Leicester University Press.
- Brock, W. H. (2016) *The History of Chemistry. A very short introduction*. New York: Oxford University Press.
- Brooke, J. H. (1971) Organic Synthesis and the Unification of Chemistry: A Reappraisal. *British Journal for the History of Science*, (5), 363-392.
- Cáceres, P. (2017) El cuestionario: preguntar desde lo cualitativo. En S. Redon Pantoja, & J. F. Angulo Rasco(Eds.), *Investigación cualitativa en educación* (pp. 225-234). Buenos Aires: Miño y Dávila.
- Camacho González, J. P., & Quintanilla Gatica, M. (2008). Resolución de problemas científicos desde la historia de la ciencia: Retos y desafíos para promover competencias cognitivo-lingüísticas en la química escolar. *Ciência & Educação*, 14(2), 197-212.
- Chamizo, J. A. (2005) La enseñanza de la historia de la ciencia con modelos recurrentes. II El modelo de Lewis-Langmuir-Sidgwick. *Enseñanza de las ciencias*, Numero Extraordinario. VII Congreso, 1-4.
- Cid Manzano, R., & Dasilva Alonso, G. (2012) Estudiando cómo los modelos atómicos son introducidos en los libros de texto de Secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 9(3), 329-337.
- Cuellar Fernández, L. (2010) *La historia de la química en la reflexión sobre la práctica profesional docente. Un estudio de caso desde la enseñanza de la Ley Periódica*. Universidad Católica de Chile, Chile.
- Diéguez, A. J. (1995) Realismo y antirrealismo en la discusión sobre la existencia de los átomos. *Philosophica Malacitana* 8, 49-65.
- Doménech Blanco, J. L., Savall Alemany, F., & Martínez Torregrosa, J. (2013) ¿Los libros de texto de Bachillerato introducen adecuadamente los modelos atómicos de Thomson y Rutherford? *Enseñanza de las ciencias*, 31(1), 29-43.

- Farias, D. M. & Castelló, J. (2013) Análisis del enfoque de historia y filosofía de la ciencia en los libros de texto de Química: el caso de la estructura atómica. *Enseñanza de las ciencias* 31(1), 115-133.
- Fernández, I., Gil, D., Carrascosa, J., Cachapuz, A., & Paraia, J. (2002) Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las ciencias*, 20(3), 477-488.
- Fox Keller, E. (1995) Gender and Science: Origin, History and Politics. *Osiris*, 10, 27-38.
- Furió, C., Azcona, R., & Guisasola, J. (1999) Dificultades conceptuales y epistemológicas del profesorado en la enseñanza de los conceptos de cantidad de sustancia y de mol. *Enseñanza de las ciencias* 17(3), 359-376.
- Gagliardi, R., & Giordan, A. (1986). La historia de las ciencias: Una herramienta para la enseñanza. *Enseñanza de las ciencias*, 4(3), 253-258.
- Galache López, M. L., & Camacho Domínguez, E. (1992) Un avance decisivo en el conocimiento de los iones: La Teoría de Arrhenius de la disociación electrolítica. *Enseñanza de las ciencias* 10(3), 307-311.
- Galache López, M. L., Camacho Domínguez, E., & Rodríguez García, A. (1991) Origen histórico del término ión. *Enseñanza de las ciencias* 9(2), 187-192.
- Gallego Badillo, R., Pérez Miranda, R., Uribe Beltrán, M. V., Cuéllar Fernández, L., & Amador Rodríguez, R. Y. (2004) El concepto de valencia: su construcción histórica y epistemológica y la importancia de su inclusión en la enseñanza. *Ciência & Educação*, 571-583.
- García Belmar, A., & Bertomeu Sánchez, J. R. (1999) *Nombrar la materia. Una introducción histórica a la terminología química*. Barcelona: Ediciones del Serbal.
- Gavroglu, K., & Simoes, A. (2012) *Neither physics nor chemistry: A history of quantum chemistry*. Cambridge: MIT Press.
- Gil Pérez, D. (1993) Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las ciencias* 11(2), 197-212.
- Golinski, J. (1992) *Science as Public Culture: Chemistry and Enlightenment in Britain, 1760-1820*. Cambridge: Cambridge Univ. Press.
- Hankins, T. L., & Helden, A. (1994) Instruments. *Osiris*, (9), 1-243.
- Heering, P. (2009) The role of historical experiments in science teacher training: experiences and perspectives. *Actes d'història de la ciència i de la tècnica* 2(1), 389-399.
- Hernández González, M. y Prieto Pérez, J. L. (2000). Un currículo para el estudio de la historia de la ciencia en Secundaria (La experiencia del Seminario Orotava de Historia de la Ciencia). *Enseñanza de las Ciencias*, 2000, 18(1), 105-112.
- Izquierdo Aymerich, M. (2010) La transformación del átomo químico en una partícula física. ¿Se puede realizar el proceso inverso? En J. A Chamizo (Ed.), *Historia y Filosofía de la Química. Aportes para la enseñanza* (pp. 169-194). México: Siglo XXI.
- Izquierdo Aymerich, M., Quintanilla Gatica, M., Vallverdú, J., & Merino, C. (2014) Una nueva reflexión sobre la historia y filosofía de las ciencias y la enseñanza de las ciencias. En M. Quintanilla Gatica, S. Daza Rosales, & H. G. Cabrera Castillo (Eds.), *Historia y Filosofía de la Ciencia. Aportes para una «nueva aula de ciencias» promotora de ciudadanía y valores* (pp. 30-51). Santiago de Chile: Bellaterra.

- Izquierdo Aymerich, M., García Martínez, A., Quintanilla Gatica, M., & Aduriz Bravo, A. (2016) *Historia, Filosofía y Didáctica de las Ciencias: Aportes para la formación del profesorado de ciencias*. Bogotá: Universidad Distal.
- Jordanova, L. (1993) Gender and the Historiography of Science. *British Journal for the History of Science* 26, 469-483.
- Lipman, T. (1964) Whöler's Preparation of Urea and the Fate of Vitalism. *Journal of Chemical Education* 41, 452-458.
- Matthews, M. R. (Ed.) (2014) *International Handbook of research in History, Philosophy and Science Teaching* (Vols. 1-3). Dordrecht: Springer.
- Matthews, M. R, Gauld, C. F., & Stinner, A. (2006) *The Pendulum: Scientific, Historical, Philosophical and Educational Perspectives*. Boston: Springer.
- Mieli, A. (1948) *Lavoisier y la formación de la teoría química moderna*. Argentina: Austral.
- Moreno González, A. (2000) La historia de la ciencia: ¿saber útil o curioso complemento? *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 24, 99-113.
- Moreno Martínez, L. (2018). Los modelos atómicos en los libros de texto. Pensar críticamente la historia de la ciencia. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 93, 18-25.
- Moreno Martínez, L., & Bertomeu Sánchez, J. R. (2017). Comunicando didáctica e historia de las ciencias: Modesto Bargalló y los usos pedagógicos de la historia de la ciencia (1915-1936). *Enseñanza de las Ciencias*, Núm. Extraordinario, 3785-3789.
- Moreno Martínez, L., & Calvo Pascual, M. A. (2018). Las narrativas históricas en los libros de texto de ESO y Bachillerato. Análisis de dos mitos fundacionales de la química. *Anales de Química*, 114(3), 172-180.
- Moreno Martínez, L., & Calvo Pascual, M. A. (2017). La historia de la química en el currículo de ESO y de bachillerato (LOE). Una revisión interdisciplinar para la investigación didáctica. *Enseñanza de las Ciencias*, 35(2), 147-160.
- Navarro Asencio, E., Jiménez García, E., Rappoport Redondo, S., & Thoilliez Ruando, B. (2017) *Fundamentos de la investigación y la innovación educativa*. Logroño: UNIR Ediciones.
- Niaz, M. (2016) *Chemistry Education and Contributions from History and Philosophy of Science*. London & New York: Springer.
- Nieto Galán, A. (2014) Las «historias de la ciencia» y sus adaptaciones a la enseñanza: un debate abierto. En M. Quintanilla Gatica, S. Daza Rosales, & H. G. Cabrera Castillo (Eds.), *Historia y filosofía de la ciencia. Aportes para una «nueva aula de ciencias», promotora de ciudadanía y valores* (pp. 66-75). Santiago de Chile: Bellaterra.
- Nye, M. J. (1996) *Before big science: The Pursuit of Modern Chemistry and Physics, 1800-1940*. Cambridge: Harvard University Press.
- Orden 2200/2017, de 16 de junio, por la que se aprueban las materias de libre configuración autonómica en la Comunidad de Madrid. *B.O.C.M.*, 151, 76-114.
- Padilla Martínez, K. (2010) Evolución histórica del concepto de entropía y sus implicaciones en la enseñanza. En J. A. Chamizo (Ed.), *Historia y Filosofía de la Química. Aportes para la enseñanza* (pp. 65-90). México: Siglo XXI.
- Parshall, K. Hunger, W., Michael T., & Moran, B. T. (Eds.). (2015) *Bridging Traditions. Alchemy, Chemistry and Paracelsian Practices in the Early Modern Era*. Missouri: Truman State University Press.

- Quílez, J. & Sanjosé, V. (1996). El Principio de Le Chatelier a través de la historia y su formulación didáctica en la enseñanza del equilibrio químico. *Enseñanza de las ciencias* 14(3), 381-390.
- Quintanilla Gatica, M., Daza Rosales, S., & Cabrera Castillo, H. (Eds.). (2014) *Historia y filosofía de la ciencia. Aportes para una «nueva aula de ciencias», promotora de ciudadanía y valores*. Santiago de Chile: Bellaterra.
- Ramberg, P. J. (2000) The Death of Vitalism and the Birth of Organic Chemistry: Wöhler's urea Synthesis in Textbooks of Organic Chemistry. *Ambix*, (47), 170-195.
- Ramberg, P. J. (2015) That Friedrich Wöhler's synthesis of urea in 1828 destroyed vitalism and gave rise to organic chemistry. En R. L. Numbers, & K. Kampourakis (Eds.), *Newton's Apple and Other Myths about Science* (pp. 59-66). Cambridge: Harvard Univ. Press.
- Schiebinger, L. (1990) Cuando la ciencia era mujer. En Ordoñez, J. & Elena, A. (Eds.), *La ciencia y su público: perspectivas históricas*. Madrid: CSIC.
- Schiebinger, L. (2004) *¿Tiene sexo la mente? Las mujeres en los orígenes de la ciencia moderna*. Valencia: Ediciones Cátedra.
- Scholarly Publishers Indicators in Humanities and Social Sciences. (2014). Recuperado a partir de <http://ilia.cchs.csic.es/SPI/index.html>
- Shaik, S., & Hiberty, P.C. (2008) *A chemist's guide to valence bond theory*. Nueva York: Wiley-Interscience.
- Simon, J., García Belmar, A., & Bertomeu Sánchez, J. R. (2005). Instrumentos y prácticas de enseñanza de las ciencias físicas y químicas en la Universidad de Valencia durante el siglo XIX. *Endoxa* 19, 59-121.
- Solbes, J., Calatayud, M., Climent, J., & Navarro, J. (1987). Errores conceptuales en los modelos atómicos cuánticos. *Enseñanza de las ciencias* 5(3), 189-195.
- Solbes, J. & Traver, M. J. (1996). La utilización de la historia de las ciencias en la enseñanza de la Física y la Química. *Enseñanza de las ciencias* 14(1), 103-112.
- Sureda Negre, J., & Comas Forgas, R. (2017). La revisión bibliográfica desde una perspectiva sistemática. En S. Redon Pantoja, & J. F. Angulo Rasco (Eds.), *Investigación cualitativa en educación* (pp. 387-400). Buenos Aires: Miño y Dávila.
- Watts, R. (2007). *Women in science: a social and cultural history*. New York: Routledge.

Anexo 1. Libros de texto analizados

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