



La historia de la química en el currículo de ESO y de bachillerato (LOE). Una revisión interdisciplinar para la investigación didáctica

The history of chemistry in the Secondary National Curriculum in Spain. An interdisciplinary review for science education research

Luis Moreno Martínez, M. Araceli Calvo Pascual
Universidad Autónoma de Madrid
luis.morenomartinez@predoc.uam.es, araceli.calvo@uam.es

RESUMEN • Actualmente la historia de la ciencia es considerada una potente herramienta en la enseñanza de las ciencias, al mismo tiempo que la enseñanza se ha revelado como un área de interés para los estudios históricos y sociales sobre ciencia. A fin de potenciar la sinergia didáctica-historia en la enseñanza de las ciencias, especialmente de la química, el presente trabajo hace una revisión doblemente interdisciplinar del currículo de ESO y bachillerato como primer estadio en la investigación educativa, atendiendo a materias científico-tecnológicas y humanístico-sociales e incorporando enfoques procedentes de la historia de la ciencia.

PALABRAS CLAVE: historia de la química; educación química; currículo escolar; educación secundaria.

ABSTRACT • History of science is considered a powerful tool for science education nowadays. Both, historical and social studies of science have begun to consider education as an interesting area. In order to upgrade didactics-history dyad for science education, especially chemistry education, this paper will review the Secondary National Curriculum from a dual interdisciplinary perspective, deeming scientific and humanities subjects and incorporating new approaches from history of science as first step on didactics research.

KEYWORDS: history of chemistry; chemistry education; national curriculum; Secondary Education.

Recepción: diciembre 2015 • Aceptación: marzo 2017 • Publicación: junio 2017

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, pp. 147-160

INTRODUCCIÓN

La Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOE) establece, en su sexto artículo, qué se entiende por currículo. Este es definido como el conjunto de objetivos, competencias básicas, contenidos, métodos pedagógicos y criterios de evaluación de cada una de las distintas enseñanzas. Para las enseñanzas de educación secundaria obligatoria (ESO) y bachillerato, los aprendizajes propios del área de química los encontramos principalmente en las materias de Física y Química y de Química. Una primera lectura del currículo de estas materias revela la presencia de determinados episodios, personajes y teorías de la historia de la química que el alumno ha de conocer, al mismo tiempo que se pone de manifiesto la naturaleza de la química como disciplina científica de nuestro tiempo que ha de subyacer en la enseñanza y el aprendizaje de la química escolar.

La incorporación de la historia de la ciencia a la enseñanza de las ciencias constituye un área especialmente fértil para la investigación educativa, existiendo numerosos y valiosos trabajos al respecto, desde el análisis del papel de la historia en la enseñanza de las ciencias hasta la revisión de determinados aspectos históricos en los materiales educativos de ciencias o al diseño y puesta en práctica de propuestas para la incorporación de la historia de la ciencia al aula. Al mismo tiempo, desde los estudios históricos y sociales sobre ciencia, la enseñanza se ha erigido como un aspecto que es necesario tener en cuenta al presentar un papel destacado en la producción y conformación de los saberes científicos y en las relaciones ciencia-sociedad. Por otro lado, desde la historia de la ciencia se ha puesto de manifiesto que las divisiones del conocimiento científico heredadas de la profesionalización de la ciencia y la configuración de las disciplinas científicas se muestran limitadas en el contexto de la tecnociencia contemporánea. Además, varios autores han señalado la necesidad de una transición desde una historia disciplinar de la química a una historia integrada de las ciencias, un marco profundamente fértil para la investigación educativa. En esa línea, la revisión del currículo realizada no se centra únicamente en las materias de Física y Química y de Química, sino que incluye otras materias científico-tecnológicas. Asimismo, en el contexto de interdisciplinariedad que constituyen la didáctica y la historia de la ciencia, se han considerado materias del ámbito social, humanístico y filosófico, a fin de lograr una visión global de las presencias y las ausencias de los aprendizajes relacionados con la historia de la química en las etapas educativas de ESO y bachillerato.

La Ley Orgánica de Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE) de 2013 mantiene la definición de currículo añadiendo a los elementos anteriores, los estándares y resultados de aprendizajes evaluables. Al no estar implantada esta ley en ESO y bachillerato en el momento en que la presente revisión se ha llevado a cabo (curso académico 2014-2015), todos los resultados que este artículo recoge se enmarcan en la Ley Orgánica de Educación (LOE) de 2006 y, en particular, en los reales decretos 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la educación secundaria obligatoria, y 1467/2007, de 2 de noviembre, por el que se establece la estructura del bachillerato y se fijan sus enseñanzas mínimas. En este punto cabe señalar que la revisión recogida en este artículo forma parte de un proyecto de investigación más amplio en el que, partiendo de la revisión del currículo que aquí se detalla, se aborda el análisis del tratamiento dado a la historia de la química en libros de texto de ESO y bachillerato, cuyos resultados serán presentados en futuras publicaciones.

LA HISTORIA DE LA QUÍMICA EN LAS MATERIAS CIENTÍFICO-TECNOLÓGICAS DE ESO

Ciencias de la Naturaleza es la materia científica por excelencia del primer ciclo de ESO. Profundamente ligada a la adquisición de la competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo

físico, dicha materia contribuye también a la adquisición del resto de competencias, como la competencia social y ciudadana:

El conocimiento de cómo se han producido determinados debates que han sido esenciales para el avance de la ciencia, contribuye a entender mejor cuestiones que son importantes para comprender la evolución de la sociedad en épocas pasadas y analizar la sociedad actual. Si bien la historia de la ciencia presenta sombras que no deben ser ignoradas, lo mejor de la misma ha contribuido a la libertad del pensamiento y a la expresión de los derechos humanos (Real Decreto 1631/2006, BOE, núm. 5, p. 692).

Asimismo, el currículo de ESO para Ciencias de la Naturaleza recoge:

Los contenidos asociados a la forma de construir y transmitir el conocimiento científico constituyen una oportunidad para el desarrollo de la competencia para aprender a aprender (REAL DECRETO 1631/2006, BOE, núm. 5, p. 692).

Con la lectura de ambas citas del currículo podemos apreciar latente la historia de la ciencia tanto de forma directa, con los avances de la ciencia y su impacto en la sociedad a lo largo de su evolución, como indirecta, al hacer referencia a la importancia de conocer cómo se construye el conocimiento científico, ámbito al que la historia de la ciencia puede contribuir significativamente. Estos aspectos se ven reforzados en uno de los objetivos de la materia para primer ciclo:

Reconocer el carácter tentativo y creativo de las Ciencias de la Naturaleza, así como sus aportaciones al pensamiento humano a lo largo de la historia, apreciando los grandes debates superadores de dogmatismo y las revoluciones científicas que han marcado la evolución cultural de la humanidad y sus condiciones de vida (Real Decreto 1631/2006, BOE, núm. 5, p. 693).

En lo referente a contenidos, la historia de la ciencia se aborda en primer curso con el estudio de la Tierra y el Universo, «el paso del geocentrismo al heliocentrismo como primera y gran revolución científica» (Real Decreto 1631/2006, BOE, núm. 5, p. 693), existiendo un criterio de evaluación específico en el que se llega a indicar la importancia de que el alumno conozca «la influencia de la religión en la historia de la ciencia» (Real Decreto 1631/2006, BOE, núm. 5, p. 694). Sin embargo, no existen contenidos específicos sobre historia de la química ni en primer ni en segundo curso.

Para segundo ciclo de ESO, Ciencias de la Naturaleza se desdobra en dos materias (una única a efectos de promoción en tercer curso de ESO): Biología y Geología y Física y Química. Para ambas materias en tercer curso existe un criterio de evaluación en el que se pretende evaluar si el alumno concibe el trabajo científico como un proceso en continua construcción.

Para la materia de Física y Química de tercer curso encontramos referencias a la historia de la química en el estudio de la evolución histórica de los modelos atómicos, especialmente los de Thomson y Rutherford. Se pretende así comprobar que el alumno comprende los primeros modelos atómicos y justifica el paso de uno a otro, tal y como especifica uno de los criterios de evaluación. También se hace referencia al modelo atómico-molecular para explicar las reacciones químicas y justificar la conservación de la masa, remitiendo a las figuras de Lavoisier, Dalton y Avogadro. En cuarto curso se incluye el origen de la química orgánica o química del carbono con la síntesis de los primeros compuestos orgánicos (primera mitad del siglo XIX) frente al vitalismo entre los contenidos y los criterios de evaluación. La materia de Biología y Geología de cuarto curso de ESO ofrece una oportunidad de trabajar conjuntamente aspectos propios de la química y de la biología con la propuesta de la estructura del ADN, cuya elucidación aparece recogida en el currículo.

En la descripción de la materia de Tecnología de ESO se hace referencia indirecta a la historia de la ciencia y a cómo dicha actividad no es ajena al contexto histórico y social en el que se desarrolla:

Los avances científicos han influido en las condiciones de vida del ser humano adaptándose a sus costumbres y creencias de la sociedad en la que se han desarrollado (Real Decreto 1631/2006, BOE núm. 5, p. 766).

Además, existe un bloque de contenidos de Tecnología y Sociedad en el que se indica que los alumnos han de reflexionar sobre los distintos avances a lo largo de la historia y sobre sus consecuencias sociales, económicas y medioambientales. A este respecto, la historia de la química puede ofrecer numerosos episodios históricos de interés.

LA HISTORIA DE LA QUÍMICA Y LAS MATERIAS DE HUMANIDADES, CIENCIAS SOCIALES Y FILOSOFÍA DE ESO

En el área de humanidades, la materia de Lengua Castellana y Literatura, de carácter obligatorio en toda la etapa de ESO, incluye entre sus contenidos la comprensión de textos académicos de carácter explicativo y expositivo, lo que permitiría la incorporación de textos seleccionados por su relación con episodios relevantes de la historia de la química. Asimismo, es posible trabajar la comprensión lectora y la composición y elaboración de textos desde la materia de Física y Química cuando se introducen en el desarrollo de las clases textos en los que se aborde la historia de la química o temas actuales de esta. Este hecho queda reflejado en el currículo cuando se establece que la materia de Ciencias de la Naturaleza (que engloba Biología y Geología y Física y Química) contribuye a la competencia en comunicación lingüística a través de la construcción de discursos y formas de argumentación y, por otro lado, mediante la adquisición de una terminología especializada.

La materia de Ciencias Sociales: Geografía e Historia, de carácter obligatorio para el alumnado desde primer a cuarto curso de ESO, hace referencia a distintos aspectos de la sociedad, la cultura, el arte, la economía o la política a lo largo de la evolución histórica del ser humano. Así, en la medida en que el conocimiento científico (y por ende, el conocimiento químico) sea considerado como un elemento más de la cultura, sería posible imbricar algunos aspectos propios de la historia de la ciencia en Ciencias Sociales, desde aspectos historiográficos (análisis de personajes, textos y espacios) a episodios históricos en los que la ciencia en general y la química en particular son especialmente relevantes (el papel del fuego en los primeros momentos de la humanidad, la industria química como actividad económica, el papel de la química en la Primera Guerra Mundial...).

Tampoco se encuentran referencias explícitas a la evolución histórica y la repercusión social del conocimiento químico en la materia de Educación para la Ciudadanía y los Derechos Humanos ni en Educación Ético-Cívica, pese a que la química ha generado a lo largo de su historia controvertidos y significativos debates éticos y sociales. Así, la aparente dicotomía entre «lo natural» y «lo artificial» o los malos y los buenos usos de la química constituyen aspectos de la historia de la química de especial interés en estas materias, a la par que se fomenta la conexión entre ciencia y filosofía.

LA HISTORIA DE LA QUÍMICA EN LAS MATERIAS CIENTÍFICO-TECNOLÓGICAS DE BACHILLERATO

La materia de Física y Química de primer curso de bachillerato incluye varios temas propios de la historia de la química entre sus contenidos y criterios de evaluación: la evolución histórica de los modelos atómicos (del modelo atómico de Thomson al modelo actual), la teoría atómica de Dalton y la interpretación de las leyes de las combinaciones químicas y los orígenes de la química orgánica con la superación de la barrera del vitalismo. También cabe destacar un criterio de evaluación común tanto a los aprendizajes del área de Física como de Química en el que se hace constar la necesidad de actividades de evaluación que incluyan las implicaciones ciencia-tecnología-sociedad y el papel de la historia de la ciencia, entre otros aspectos.

Para la materia de Química de segundo curso de bachillerato, el currículo incluye un objetivo profundamente ligado a la historia de la química en tanto que hace referencia a la evolución de sus leyes y teorías:

Comprender y valorar el carácter tentativo y evolutivo de las leyes y teorías químicas, evitando posiciones dogmáticas y apreciando sus perspectivas de desarrollo (Real Decreto 1467/2007, BOE, núm. 266, p. 45451).

En lo referente a los contenidos hace referencia a determinados capítulos de la historia de la química: la evolución histórica de los modelos atómicos desde Bohr al modelo mecanocuántico, la evolución histórica de la ordenación periódica de los elementos y la revisión de las distintas teorías ácido-base. El currículo hace referencia a la importancia de la mecánica cuántica en el desarrollo de la química, lo cual permite relacionar dicho aprendizaje con otros propios de la materia de Física, independiente de Química en segundo curso de bachillerato y con una mayor referencia a aspectos de historia de la ciencia en su currículo (gravitación, naturaleza de la luz, síntesis electromagnética, crisis de la física clásica y nacimiento de la física moderna).

Dada la estrecha relación entre biología y química como disciplinas científicas tanto actualmente como a lo largo de la historia de la ciencia (especialmente desde el nacimiento de la bioquímica), es de esperar la posible imbricación de materias con ellas relacionadas. Así, en la materia de Biología y Geología de primer curso de bachillerato encontramos entre los objetivos, reconocer el carácter de la ciencia como un proceso cambiante y dinámico. En la materia de Biología de segundo curso, un criterio de evaluación destaca la importancia de que los estudiantes analicen explicaciones científicas sobre distintos fenómenos naturales en diferentes contextos históricos. En segundo curso, en la materia de Ciencias de la Tierra y Medioambientales se asume como objetivo que el alumno reconozca la importancia de los aspectos históricos, sociológicos, económicos y culturales en los estudios medioambientales en los que, por su propia naturaleza, la química presenta un papel fundamental.

En el caso de las materias de Tecnología Industrial I y II, no se ofrecen referencias directas a la historia de la química, pese a la importancia de esta ciencia en el desarrollo de la técnica y viceversa (cuyas fronteras se diluyen cada vez más en el contexto de la tecnociencia contemporánea). Merece especial atención la materia de Ciencias para el Mundo Contemporáneo, de carácter obligatorio para todos los alumnos de primer curso de bachillerato. La propia naturaleza de la materia refleja una imagen de la ciencia y la tecnología como una empresa humana en constante evolución y condicionada por el contexto cultural, social y económico, existiendo una influencia recíproca entre el desarrollo científico-tecnológico y dichos contextos, tal y como se recoge entre los objetivos de la materia. Los contenidos concretan algunos episodios en la historia de la ciencia, siendo algunos de ellos de especial interés en historia de la (bio)química, como el origen de la vida y la revolución genética, así como el desarrollo de fármacos, nuevos materiales y estrategias de cuidado medioambiental.

LA HISTORIA DE LA QUÍMICA Y LAS MATERIAS DE HUMANIDADES, CIENCIAS SOCIALES Y FILOSOFÍA DE BACHILLERATO

Al igual que ocurre en las materias de Lengua y Literatura de ESO, en bachillerato es posible abordar la comprensión lectora desde las materias de ciencias, a la par que las materias de Lengua Castellana y Literatura I y II hacen referencia directa a la comprensión de textos del ámbito académico, pero no solo literarios, sino también científicos, técnicos y culturales.

En el área de Ciencias Sociales encontramos las materias de Historia del Mundo Contemporáneo en primer curso de bachillerato de la modalidad de Humanidades y Ciencias Sociales y de Historia de España en segundo curso, de carácter obligatorio para todas las modalidades. La materia de primer

curso, no cursada por alumnos del bachillerato de Ciencia y Tecnología, incluye referencias a la importancia de la ciencia y la tecnología en la historia contemporánea y su desigual distribución. Para segundo curso, al igual que ocurre en la etapa de ESO, en la medida en que se imbrique la ciencia dentro de las distintas áreas que conforman la cultura, es posible la incorporación de determinados elementos propios de la historia de la ciencia española (protagonistas, acontecimientos, espacios...), incluyendo la química.

Respecto a la materia de Filosofía, la materia de primer curso (Filosofía y Ciudadanía) hace referencia a la relación entre ciencia y filosofía en los contenidos relacionados con el saber filosófico. La materia de segundo curso (Historia de la Filosofía) incluye referencias a episodios concretos de la historia de la ciencia como la revolución científica. A este respecto, las particularidades de la revolución química, ampliamente documentadas por los historiadores de la ciencia (aunque con enfoques poco presentes todavía hoy en el aula), pueden actuar como interesantes nexos de unión.

LA HISTORIA DE LA QUÍMICA EN EL CURRÍCULO DE ESO Y DE BACHILLERATO EN LA COMUNIDAD DE MADRID

La revisión del currículo de la Comunidad de Madrid tanto para las materias de ESO como de bachillerato pone de manifiesto que no existen diferencias significativas respecto al currículo establecido a nivel nacional. No obstante, podemos encontrar alguna diferencia que merece la pena destacar. Así, en el currículo de la materia de Química de segundo curso de bachillerato de la Comunidad de Madrid se recoge un criterio de evaluación en el que se indica que el alumno ha de describir los modelos atómicos discutiendo sus limitaciones, mientras que en el currículo nacional solo se hace referencia a las limitaciones del modelo de Bohr. En relación con los modelos atómicos de la materia de Física y Química de tercer curso de ESO, encontramos que mientras que el currículo nacional hace referencia a los modelos de Thomson y Rutherford, el currículo de la Comunidad de Madrid no hace referencia directa a ningún modelo en particular.

Otro caso de interés es el de la materia de Geología de segundo curso de bachillerato, cuyo currículo, al ser una materia optativa, viene fijado por cada comunidad autónoma. La Resolución de 7 de junio de 2008, de la Dirección General de Educación Secundaria y Enseñanzas Profesionales, por la que se establecen las materias optativas del bachillerato en la Comunidad de Madrid, establece entre los contenidos de la materia de Geología de segundo curso de bachillerato algunos profundamente relacionados con la historia de dicha ciencia:

Evolución histórica del conocimiento geológico: Sus logros y limitaciones, su carácter tentativo y de continua búsqueda, la interpretación de la realidad a través de modelos. Primeras ideas y evolución de la teoría de la deriva continental y tectónica de placas (Resolución de 7 de junio de 2008, BOCM, núm. 179, p. 22).

Ambos aspectos pueden ser de interés para incorporar la geología a una historia integrada de las ciencias donde pueda estar en contacto con la química. Dejando a un lado estas particularidades para el caso de la Comunidad de Madrid, se ha considerado la revisión del currículo nacional como primer estadio en la investigación sobre el papel y el tratamiento dado a la historia de la química en ESO y bachillerato, cuya primera fase recoge este artículo, abriendo así la posibilidad de comparar dicha revisión con la del currículo de ESO y bachillerato en otros territorios, lo que, si bien no implicaría grandes diferencias curriculares a priori, podría aportar matices de interés.

LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS COMO MARCO DE DIÁLOGO ENTRE DIDÁCTICA E HISTORIA DE LA CIENCIA

Varias publicaciones de finales del pasado siglo pusieron de manifiesto la importancia de incorporar la historia de la ciencia a la enseñanza de las ciencias, pues contribuye a generar una visión de la ciencia como una actividad humana, en construcción e inmersa en un determinado contexto histórico, social, económico, cultural y político (Solbes & Traver, 1996, 2001), lo que favorece que el alumno comprenda cómo se construye el conocimiento científico (Saltiel & Viennot, 1985), constituye un posible criterio de secuenciación didáctica (Lloréns, 1991), permite seleccionar los principales contenidos de las disciplinas escolares (Gagliardi & Giordan, 1986) y revela la ciencia al alumnado como una actividad humana con opción de futuro (Izquierdo-Aymerich, 1994). Michael R. Matthews, en uno de sus trabajos publicado en 1994, expresaba la necesidad de una mayor colaboración entre historiadores, filósofos y educadores científicos en la formación del profesorado, elaboración de materiales educativos y análisis de libros de textos y programas de estudio. Pese a los notables esfuerzos y avances realizados, los estudios más recientes sobre historia y filosofía de la ciencia enfocados a la enseñanza así lo siguen reclamando (Matthews, 2014; Niaz, 2016; Quintanilla-Gatica, Daza-Rosales & Cabrera-Castillo, 2014).

En el caso particular de la química, algunos autores han abogado recientemente por la imperiosa necesidad de recuperar la historia en la enseñanza de esta ciencia, pues «mientras que los economistas siguen hoy leyendo a Adams Smith o a John M. Keynes [...], los científicos en general y los químicos en particular han abandonado a sus antepasados» (Nieto-Galán, 2010: 16-17). También se ha planteado el debate en torno a qué historia de la química enseñar (y divulgar) y qué características debe presentar, pues, tal y como señalan algunos autores, «el profesorado de química y un número no despreciable de divulgadores, transmite en los medios de comunicación masiva una imagen de la ciencia reduccionista y restrictiva y bastante alejada de los contextos culturales, sociales o políticos en que químicos y químicas han contribuido al desarrollo sistemático, permanente y continuo del conocimiento en diferentes épocas y contextos» (Quintanilla Gatica, 2010: 41). Así, la historia de la química presente en la enseñanza ha de ser preferentemente diacrónica (evitando validar la ciencia pretérita a la luz del presente), huir de un carácter totalmente hagiográfico (yendo más allá de una colección de fechas, hechos, personajes...), ni ha de ser reflejo del discurso positivista en el que la química actual se erige triunfante frente a las viejas tradiciones alquímicas.

Desde la historia de la ciencia disciplinar también se han realizado revisiones del papel dado a la historia de la química en la docencia. Algunos trabajos también han apuntado la existencia de ciertas dicotomías y divergencias entre la historia de la química frecuente en contextos educativos y divulgativos y el trabajo de los historiadores de la ciencia, siendo necesario crear marcos de diálogo mediante un replanteamiento del papel de la historia de la ciencia en la formación de los ciudadanos y de los científicos, «la cual no puede limitarse a una larga y aburrida lista de padres fundadores, descubrimientos cruciales y fechas decisivas» (Bertomeu-Sánchez & García-Belmar, 2006: 255).

Es decir, se ha de ir más allá de una historia de la ciencia netamente descriptiva y anclada en la memoria de las disciplinas científicas, potenciando una historia de la ciencia:

1. Analítica, que permita comprender la génesis de los saberes científicos (Brock, 2016), que no ignore fallos, callejones sin salida y otros obstáculos que suelen ser obviados en la visión totalmente anacrónica del pasado, a la par que evita el presentismo, es decir, «juzgar el valor de la ciencia obsoleta a partir de la luz fulgurante de nuestras teorías contemporáneas» (Bertomeu-Sánchez & García-Belmar, 2008a: 58).

2. Rigurosa, en términos historiográficos, y adaptada a los objetivos de la educación científica (Quintanilla-Gatica *et al.*, 2014).
3. Cautelosa a la hora de fijar una visión externa (centrada en el contexto social, político, económico...), interna (centrada en la comunidad científica) o intrínseca (combinando ambas visiones) (Quintanilla-Gatica *et al.*, 2014).
4. Que integre y relacione las distintas disciplinas científicas y tecnológicas (Bertomeu-Sánchez & García-Belmar, 2008a).
5. Que atienda a aspectos filosóficos y a la propia filosofía de la ciencia (Bensaude-Vincent & Simon, 2008; Matthews, 2014).
6. Que actúe como marco de diálogo con otras áreas de las ciencias sociales (historia, sociología...) (Bertomeu-Sánchez & García-Belmar, 2008a).
7. Que integre los aspectos materiales, sociales, culturales y educativos de la ciencia, entendiendo la enseñanza como un marco de producción y configuración de los saberes científicos y no de mera transmisión de estos (Bertomeu-Sánchez, 2016).

Al no ser posible ni una historia de la ciencia totalmente positivista ni estrictamente diacrónica, no presentar la ciencia actual como consecuencia directa (lineal) de tiempos pretéritos, pero a su vez vincularla con el pasado en la enseñanza, constituye un auténtico reto con múltiples caminos por explorar para la investigación educativa en la que «el profesor y el didactólogo (didacta) han de avanzar de la mano del historiador» (Quintanilla-Gatica *et al.*, 2014: 33) Se revela así la enseñanza de las ciencias como un marco de diálogo entre didáctica e historia de la ciencia y se pone de manifiesto la necesidad de incorporar las aportaciones de la historia y la historiografía a la didáctica de las ciencias.

LA REVISIÓN DEL CURRÍCULO COMO MARCO PARA LA INTRODUCCIÓN DE NUEVOS ENFOQUES EN LA REFLEXIÓN DOCENTE Y LA INVESTIGACIÓN DIDÁCTICA

Desde esta óptica, la revisión del currículo de las distintas materias de ESO y bachillerato directa o indirectamente relacionadas con la química ofrece la oportunidad de incorporar nuevos enfoques procedentes de los estudios históricos y sociales sobre ciencia a la reflexión docente, así como a la investigación didáctica:

- El papel de Lavoisier en la historia de la química y su protagonismo en la llamada revolución química del siglo XVIII. Frente a la visión en la que el químico francés se alza triunfante ante la teoría del flogisto (aún latente en materiales educativos y divulgativos), las revisiones historiográficas realizadas señalan el sinuoso camino lleno de incertidumbres, dudas e incluso contradicciones de Lavoisier antes de la conformación de la que después sería la nueva química (Bensaude-Vincent & Abrii, 1995; Bertomeu-Sánchez & García-Belmar, 2006; Mieli, 1948).
- La evolución histórica de los modelos atómicos desde el modelo atómico de Thomson al modelo mecanocuántico actual. Algunos autores han señalado la necesidad de revisar el planteamiento histórico en el que se suelen enmarcar los modelos atómicos de Thomson, Rutherford (Doménech-Blanco, Savall-Alemaný & Martínez-Torregrosa, 2013) y Bohr (Moreno-Ramírez, Gallego-Badillo & Pérez-Miranda, 2010) en la enseñanza de la química. Estos aspectos históricos pueden ser aprovechados para incorporar a la reflexión docente aspectos de la filosofía de la ciencia, como la distinción entre el átomo físico y el átomo químico (Izquierdo-Aymerich, 2010), algo de especial interés en la ontología de la química y en el estudio de la relación entre química y física (Lombardi & Pérez, 2010).

- El papel de la(s) hipótesis de Avogadro en la justificación de las leyes volumétricas de las combinaciones químicas (Gay-Lussac) frente a la explicación de la teoría atómica de Dalton. En esta línea, merece la pena contrastar la imagen que frecuentemente aparece en la enseñanza de la química con la de los estudios históricos sobre química del siglo XIX (Bertomeu-Sánchez & Muñoz-Bello, 2003).
- Los distintos intentos de clasificación de los elementos químicos ofrecen la oportunidad de trabajar la evolución histórica de la química en el aula. En el caso del sistema periódico de Mendeleiev, han sido muchos los estudios sobre su génesis, mientras que su recepción en el ámbito educativo y científico de los distintos países ha sido un área mucho menos transitada (Kaji, Kragh & Palló, 2015). Estos estudios pueden contribuir a proporcionar materiales de interés para el aula de química, al mismo tiempo que se muestra que la tabla periódica ha seguido evolucionando tras los trabajos del químico ruso hasta nuestros días, presentando aún limitaciones significativas, como la posición que ha de ocupar el hidrógeno (Moreno-Martínez, 2013) y constituyendo un marco de reflexión histórica y filosófica en torno a la relación entre física y química que puede ser de especial interés en la reflexión docente (Bertomeu-Sánchez & Muñoz-Bello, 2015; Scerri, 2013).
- La evolución de las distintas definiciones y teorías de los ácidos y las bases constituye un marco adecuado para la reflexión en torno al papel de la terminología química en la evolución histórica de la disciplina (Bertomeu-Sánchez & Muñoz-Bello, 2012; García-Belmar & Bertomeu-Sánchez, 1999), a la par que ilustra la posibilidad de coexistencia de distintas teorías que pueden ser utilizadas para la descripción de los mismos fenómenos químicos, evitando así reforzar la idea generalizada de que toda teoría científica pretérita es superada abrupta y triunfalmente por teorías sucesivas, sino que puede existir (y así ocurre en la práctica química) un marco de convivencia y uso conjunto de estas (Brock, 2016).
- La evolución histórica de la química orgánica a partir de la teoría del vitalismo ofrece la oportunidad de mostrar nuevas perspectivas historiográficas que contrastan con el discurso, en ocasiones frecuente, de gloriosos experimentos que acaban definitivamente con «viejas» teorías, como la síntesis de la urea de Wöhler y su papel en la crisis del vitalismo (Brock, 2016).
- La percepción social de la química y su papel en los debates éticos sobre los usos de la ciencia y la tecnología. Este tipo de aspectos permiten la incorporación de análisis realizados desde la filosofía de la química que pueden ser de gran interés para el docente (Bensaude-Vincent & Simon, 2008).
- Las aplicaciones tecnológicas de la química en el marco de la tecnociencia de las últimas décadas (Basalla, 1990) y el papel activo de la instrumentación en el desarrollo histórico de la química (Bertomeu-Sánchez & García-Belmar, 2002) son enfoques de interés que potencian la imbricación de la ciencia (en este caso, tomando como eje la química) y la tecnología, superando la visión de esta última como mera aplicación de la primera.
- El estudio de episodios históricos relacionados con el desarrollo de la ciencia y la filosofía con anterioridad al siglo XIX ofrece la oportunidad de analizar la dificultad de extrapolar el término «científico» con anterioridad a dicho siglo, cuál fue el origen de la ciencia occidental, valorar el papel (muchas veces olvidado) de oriente y analizar qué supuso la revolución científica y qué particularidades presentó la evolución histórica de la química, cuyo desarrollo con anterioridad a la labor de Lavoisier suele ser poco abordado en la enseñanza (Bertomeu-Sánchez & García-Belmar, 2006; Lindberg, 1992; Principe, 2011).
- El estudio de la historia contemporánea ofrece la oportunidad de mostrar el papel de la química en la sociedad actual, actuando como marco de diálogo entre distintas ciencias sociales, contribuyendo a superar las dos culturas en las que tradicionalmente se ha dividido el conocimiento desde una perspectiva crítica (Nieto-Galán, 2010).

- Incorporada la enseñanza a la historia de las ciencias y conocidos los elementos históricos del currículo en relación con la química, el conocimiento de la historia de la enseñanza de la química puede revelar al docente materiales, testimonios e instrumentos de interés para el empleo de la historia en el aula de ciencias (Bertomeu-Sánchez, 2016).

A MODO DE CONCLUSIÓN: DEL CURRÍCULO AL AULA

A tenor de la revisión del currículo de ESO y de bachillerato que se ha llevado a cabo es posible colegir que la historia de la química no presenta un papel destacado en los elementos curriculares de las materias de Física y Química (ESO y primer curso de bachillerato) y Química (segundo curso de bachillerato), pese a que estos sí recogen la importancia de que el alumno conozca cómo se construye el conocimiento científico, lo cual implica conocer la evolución histórica de dicha ciencia, humanizándola. No obstante, sí existen objetivos, contenidos, criterios de evaluación y competencias básicas (en el caso de ESO) en el currículo que permiten la incorporación de la historia de la química en su enseñanza, incluso con las particularidades a nivel de comunidad autónoma en materia de educación.

Además, tras la revisión del currículo para las distintas materias científico-tecnológicas y de humanidades, ciencias sociales y filosofía tanto en ESO como en bachillerato, es posible apreciar la existencia de nexos de unión que refuerzan el papel integrador que presenta la historia de la ciencia (y de la química) para los distintos aprendizajes escolares, fomentándose la interdisciplinariedad de estos. En esta línea, la revisión del currículo realizada se ha planteado desde una interdisciplinariedad doble: atendiendo no únicamente a materias directamente relacionadas con la química (lo que ofrece la posibilidad de establecer colaboraciones con docentes de otras materias) y potenciando la incorporación de los trabajos procedentes de los estudios históricos y sociales sobre ciencia a la investigación didáctica.

Asimismo, aunque la revisión del currículo actúa de base para la práctica docente que ha de encontrar en él soporte y respaldo, únicamente constituye el primer estadio de la investigación didáctica que abarca desde el currículo al aula (sin olvidar que en ocasiones es posible encontrar historia de la ciencia en las aulas que no aparece explícitamente en el currículo). Por tanto, en aras de contribuir a una visión completa del papel dado a la historia de la química en ESO y bachillerato, se hace fundamental el análisis de materiales educativos, entre los que podemos destacar los libros de texto, así como la elaboración de propuestas didácticas, selección y elaboración de recursos y difusión de proyectos y actividades formativas que favorezcan la incorporación de la historia de la ciencia (y de la química) al aula, aspectos que imbrican directamente con otros de interés en la investigación educativa, como la formación del profesorado en historia de la ciencia, al mismo tiempo que ofrece la posibilidad de establecer colaboraciones profesionales entre docentes e investigadores en didáctica e historia de la ciencia, potenciando una valiosa y necesaria sinergia didáctica-historia en la enseñanza de las ciencias en ESO y bachillerato.

En relación con materiales, proyectos y actividades sobre historia de la ciencia, Bertomeu-Sánchez y García-Belmar (2008b) confeccionaron una amplia y completa revisión de libros, revistas, sociedades, centros de investigación y enseñanza relacionados con la historia de la química. En este punto cabe señalar la labor de instituciones como la Real Sociedad Española de Química, que cuenta con una sección de historia de la química en su revista *Anales de Química* y cuyo Grupo Especializado de Historia de la Ciencia organiza conferencias y escuelas de verano sobre historia de la química. Además, desde el Grupo Especializado de Didáctica e Historia de las Reales Sociedades de Física y de Química se llevan a cabo numerosas actividades sobre didáctica e historia de la ciencia, como la organización del Premio Salvador Senent para trabajos sobre didáctica o historia de la física o la química. Asimismo, ha de destacarse la activa labor de la Societat Catalana D'Història de la Ciència i de la Tècnica, que organiza numerosos coloquios y jornadas sobre historia de la ciencia y de la técnica (como la Jornada Antoni

Quintana Marí), donde convergen tanto docentes como investigadores en didáctica y en historia de la ciencia y que incentiva la implicación de los jóvenes estudiantes de bachillerato con la concesión de Premi Antoni Quintana i Marí. Merece especial mención la creación de nuevos estudios de máster y doctorado de historia de la ciencia, área que cuenta con poca presencia en la formación de posgrado en España, como el programa de Historia y Comunicación de la Ciencia de las universidades de Alicante, Miguel Hernández y Valencia y el Instituto de Historia de la Medicina y de la Ciencia López Piñero. Este último organiza numerosos ciclos de cine, conferencias, jornadas y seminarios sobre historia de la ciencia y comunicación científica que en muchos casos pueden seguirse virtualmente, así como jornadas de historia de la ciencia destinadas al profesorado de enseñanza secundaria.

Una primera revisión del currículo pone de manifiesto que los estudiantes de ESO y bachillerato aprenden ciertos capítulos de la historia de la química, pero una revisión más detallada e interdisciplinar revela la existencia de elementos curriculares que permiten ir más allá del conocimiento de determinados personajes, hechos, leyes y teorías pretéritas (algo más propio de una historia de la química estrictamente descriptiva), si se utiliza una historia de la química integrada en una historia de la ciencia analítica, que sirva de herramienta de análisis. Una historia de la ciencia que encierra un gran potencial educativo para el docente que la investigación didáctica ha de evaluar. En esa línea, futuras publicaciones permitirán conectar la revisión del currículo realizada con la realidad de nuestras aulas, analizando el papel de la historia de la química en los libros de texto de ESO y bachillerato.

LEGISLACIÓN EDUCATIVA ANALIZADA

Currículo nacional

Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. Boletín Oficial del Estado, núm. 106, de 4 de mayo de 2006, pp. 17158-17207. Disponible en línea: <<https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2006-7899>>.

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. Disponible en línea: <<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2007-238>>.

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. Disponible en línea: <<https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2007-19184>>.

Currículo de la Comunidad de Madrid

Decreto 23/2007, de 10 de mayo, del Consejo de Gobierno, por el que se establece para la Comunidad de Madrid el currículo de la educación secundaria obligatoria. Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid, núm. 126, de 29 de mayo de 2007, pp. 48-139. Disponible en línea: <https://www.bocm.es/bocm/Satellite?cid=1188556258222&language=es&pagename=Boletin%2FPage%2FBOCM_ultimoBoletin>.

Decreto 67/2008, de 19 de junio, del Consejo de Gobierno, por el que se establece para la Comunidad de Madrid el currículo de bachillerato. Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid, núm. 152, de 27 de junio de 2008, pp. 6-84. Disponible en línea: <https://www.bocm.es/bocm/Satellite?cid=1188556258222&language=es&pagename=Boletin%2FPage%2FBOCM_ultimoBoletin>.

Resolución de 7 de julio de 2008, de la Dirección General de Educación Secundaria y Enseñanzas Profesionales, por la que se establecen las materias optativas del bachillerato en la Comunidad de Madrid. Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid, núm. 179, de 29 de julio de 2008, pp. 4-26. Disponible en línea: <https://www.bocm.es/bocm/Satellite?cid=1188556258222&language=es&page name=Boletin%2FPage%2FBOCM_ultimoBoletin>.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BASALLA, G. (1990). *La evolución de la tecnología*. Barcelona: Crítica.
- BENSAUDE-VINCENT, B., & ABRRI, F. (Eds.). (1995). *Lavoisier in the European Context. Negotiating a New Language for Chemistry*. USA: Science History Publications.
- BENSAUDE-VINCENT, B., & SIMON, J. (2008). *Chemistry: The impure science*. Londres: Imperial College Press.
<https://doi.org/10.1142/p569>
- BERTOMEU-SÁNCHEZ, J. R. (2016). Beyond Borders in the History of Science Education. En Arabatzis, T., Renn, J., & Simoes, A. (Eds.), *Recolocating the History of Science: Essays in Honor of Kostas Gavroglu* (pp. 159-173). Dordrecht: Springer.
- BERTOMEU-SÁNCHEZ, J. R., & GARCÍA-BELMAR, A. (2002). *Abriendo las cajas negras. La colección de instrumentos científicos de la Universitat de València*. Valencia: Publicaciones de la Universitat de València.
- (2006). *La revolución química. Entre la historia y la memoria*. Valencia: Publicaciones de la Universitat de València.
- (2008a). La historia de la química: Pequeña guía para navegantes. Parte I: Viajes y nuevas tendencias. *Anales de Química*, 104(1), 56-63.
- (2008b). La historia de la química: Pequeña guía para navegantes. Parte II: Libros, revistas, sociedades, centros de investigación y enseñanza. *Anales de Química*, 104(2), 146-153.
- 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.
- (2012). La terminología química durante el siglo XIX: Retos, polémicas y transformaciones. *Educación Química*, 23(2), 405-410.
- (2015). Chemical Classifications, Textbooks, and the Periodic System in Nineteenth-Century Spain. En Kaji, M., Kragh, H., & Palló, G. (Eds.), *Early responses to the periodic system* (pp. 213-239). New York: Oxford University Press.
- BROCK, W. H. (2016). *The History of Chemistry. A very short introduction*. New York: Oxford University Press.
<https://doi.org/10.1093/actrade/9780198716488.001.0001>
- 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.
- GAGLIARDI, R., & GIORDAN, A. (1986). La historia de las ciencias: Una herramienta para la enseñanza. *Enseñanza de las ciencias*, 4(3), 253-258.
- GARCÍA-BELMAR, A., & BERTOMEU-SÁNCHEZ, J. R. (1999). *Nombrar la materia. Una introducción histórica a la terminología química*. Barcelona: Ediciones del Serbal.
- IZQUIERDO AYMERICH, M. (1994). ¿Cómo contribuye la historia de las ciencias en las actitudes del alumnado hacia el aprendizaje de las ciencias? *Aula de innovación educativa*, (27), 37-40.

- IZQUIERDO AYMERICH, M. (2010). La transformación del átomo químico en una partícula física. ¿Se puede realizar el proceso inverso? En Chamizo, J. A. (Ed.), *Historia y Filosofía de la Química. Apuntes para la enseñanza* (pp. 169-194). México: Siglo XXI.
- KAJI, M., KRAGH, H., & PALLÓ, G. (Eds.). (2015). *Early responses to the periodic system*. New York: Oxford University Press.
- LINDBERG, D. C. (1992). *The Beginnings of Western Science*. Chicago: University of California Press.
<https://doi.org/10.7208/chicago/9780226482064.001.0001>
- LLORÉNS, J. A. (1991). *Comenzando a aprender química*. Madrid: Visor.
- LOMBARDI, O. I., & PÉREZ, R. (2010). En defensa de la autonomía de la química frente a la física. Discusión de un problema filosófico. En Chamizo, J. A. (Ed.), *Historia y Filosofía de la Química. Aportes para la enseñanza* (pp. 195-209). México: Siglo XXI.
- MATTHEWS, M. R. (1994). *Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science*. New York & London: Routledge.
<https://doi.org/10.1002/tea.3660310406>
- MATTHEWS, M. R. (Ed.). (2014). *International Handbook of research in History, Philosophy and Science Teaching*. Dordrecht: Springer.
- MIELI, A. (1948). *Lavoisier y la formación de la teoría química moderna*. Argentina: Austral.
- MORENO RAMÍREZ, J. E., GALLEGO BADILLO, R., & PÉREZ MIRANDA, R. (2010). El modelo semicuántico de Bohr en los libros de texto. *Ciência & Educação*, 16(3), 611-629.
<https://doi.org/10.1590/S1516-73132010000300008>
- MORENO-MARTÍNEZ, L. (2013). Noticias científicas relevantes: ¿Dónde colocamos al hidrógeno? *Anales de Química*, 109(4), 347-348.
- NAZ, M. (2016). *Chemistry Education and Contributions from History and Philosophy of Science*. London & New York: Springer.
<https://doi.org/10.1007/978-3-319-26248-2>
- NIETO-GALÁN, A. (2010). ¿Para qué sirve la historia de la química? Una reflexión sobre el pasado de una profesión. En Chamizo, J. A. (Ed.), *Historia y Filosofía de la Química. Apuntes para la enseñanza* (pp. 15-38). México: Siglo XXI.
- PRINCIPE, L. M. (2011). *The Scientific Revolution: a very short introduction*. Oxford: Oxford University Press.
<https://doi.org/10.1093/actrade/9780199567416.001.0001>
- QUINTANILLA GATICA, M. (2010). La historia de la química y su contribución a una «nueva cultura de la enseñanza de las ciencias». En Chamizo, J. A. (Ed.), *Historia y Filosofía de la Química. Aportes para la enseñanza* (pp. 39-64). México: Siglo XXI.
- 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.
- SALTIEL, E., & VIENNOT, L. (1985). ¿Qué aprendemos de las semejanzas entre las ideas históricas y el razonamiento espontáneo de los estudiantes? *Enseñanza de las ciencias*, 3(2), 137-144.
- SCERRI, E. R. (2013). *La tabla periódica: una breve introducción*. Madrid: Alianza.
- 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(3), 103-112.
- SOLBES, J., & TRAVER, M. J. (2001). Resultados obtenidos introduciendo historia de la ciencia en las clases de Física y Química: Mejora de la imagen de la ciencia y desarrollo de actitudes positivas. *Enseñanza de las ciencias*, 19(1), 151-162.

The history of chemistry in the Secondary National Curriculum in Spain. An interdisciplinary review for science education research

Luis Moreno Martínez, M. Araceli Calvo Pascual
Universidad Autónoma de Madrid
luis.morenomartinez@predoc.uam.es, araceli.calvo@uam.es

Many science education studies have shown that history of science facilitates the teaching and learning of science. History of science can connect laws, theories and models that are often presented as disconnected and can provide a humane perspective of how science is done. Both historical and social studies of science have begun to consider education as an interesting area. Moreover, science education research has analyzed the treatment and didactic uses of the history of science in science textbooks.

These analyses have shown that the history of science in science textbooks is quite different than science studies research results. Recently, claims have been made that researching on history and science relations is a necessary feature of the science education studies that needs historians of science and science educators' collaboration. Thus, upgrading didactics-history dyad for science teaching has become a common challenge for both disciplines.

This paper attempts to make a contribution in that direction, reviewing the presences of the history of chemistry in Secondary National Curriculum in Spain (2007-2016). This review has been done from a dual interdisciplinary perspective, deeming scientific and humanities subjects and incorporating new approaches from history of science as a first step on science education research. This essay argues that science education can gain from a close engagement with the history of science both in the analysis of the presences and didactic uses of the history of chemistry in Spanish Curriculum for Secondary Education.

Our research has shown that there are at least three ways in which history of chemistry has curricular roles. First, through a series of objectives, content and assessment criteria related to figures and contexts of the history of chemistry, like the historical development of atomic models or periodic system. Secondly, linking several didactic uses to the history of science, including history of chemistry. And last, history of chemistry can link Chemistry with other subjects, promoting a framework for education research. Even if history of chemistry does not have a mayor curricular role, there are enough curricular elements that support the presence and uses of the history of chemistry in Secondary Education, beyond Chemistry Secondary Education.

Curriculum has a privileged place in Chemistry teachers' activity. We conclude by highlighting the importance of communicating history of science and science education, using Secondary National Curriculum as a starting point. In addition, this paper provides some resources to overcome the gap between historical research, educational reflection and teaching practice. Finally, it is worth noting that future papers will analyse the treatment and the didactic uses of the history of chemistry in Chemistry textbooks, starting from this essay.