



FORMACIÓN INICIAL EN HISTORIA DE LA CIENCIA DEL PROFESORADO STEM DE LA COMUNIDAD DE MADRID: RELEVANCIA, DIAGNÓSTICO Y PROPUESTAS DESDE LA INVESTIGACIÓN EDUCATIVA

Luis Moreno Martínez¹

Recibido 22/07/2024 | Aceptado 01/12/2024

DOI: <https://doi.org/10.15366/didacticas2024.31.001>

RESUMEN

El presente trabajo analiza la presencia de la historia de la ciencia en la formación del profesorado STEM de Enseñanza Secundaria de la Comunidad de Madrid atendiendo a los planes de estudios del Máster Universitario en Formación del Profesorado, los temarios de Acceso a la Función Pública Docente y el currículo de ESO y Bachillerato. El estudio realizado ha mostrado que la relevancia otorgada por la investigación educativa a la historia de la ciencia encuentra respaldo en el marco normativo que rige la acción del profesorado STEM de Enseñanza Secundaria. No obstante, son identificables reseñables diferencias entre especialidades docentes, como la mayor presencia de formación en historia de las matemáticas que en historia de la tecnología, y propuestas de mejora comunes, como la necesidad de reforzar la formación competencial en historia de la ciencia del profesorado de Enseñanza Secundaria.

ABSTRACT

This work deals with the presence of the history of science in secondary-education STEM teacher training in the Community de Madrid attending to the Teacher Training Master' syllabus, the list of topics for public entrance examination for teachers and the analysis of curriculum. The study has pointed out that the relevance of the history of science highlighted by educational research is supported by the normative framework for STEM teachers in secondary education. Nevertheless, there are relevant differences between teaching specialties, such as a much greater training in history of mathematics than in history of technology. Moreover, some improvements could be proposed, such as the importance of increasing the competence training in the history of science of secondary education teachers.

1. IES Enrique Tierno Galván de Parla, Comunidad de Madrid. Grupo Especializado de Didáctica e Historia de las Reales Sociedades Españolas de Física y Química. luis.morenomartinez@educa.madrid.org

PALABRAS CLAVE:

Formación del Profesorado, Educación STEM, Historia de la Ciencia, Enseñanza Secundaria.

KEYWORDS:

Teacher Training, STEM education, History of Science, Secondary Education.

1. INTRODUCCIÓN

«Conocer la historia y los desarrollos recientes de las materias y sus perspectivas para poder transmitir una visión dinámica de las mismas» es una de las competencias que los futuros docentes deben adquirir en su formación inicial (Orden ECI/3858/2007, p. 4). Esta competencia, ligada a la formación disciplinar complementaria, entronca directamente con el alto valor pedagógico otorgado a la historia de la ciencia en educación STEM (del inglés Science, Technology, Engineering and Mathematics). Así, la literatura académica ha subrayado en las últimas décadas la importancia de la historia de la ciencia para que el alumnado valore la ciencia y la tecnología como actividades humanas colectivas, en contacto directo con el contexto en el que se desarrollan y productoras de un conocimiento fiable, aunque falible, empírico y en evolución constante.

Frente a las materias de humanidades y ciencias sociales, donde suele ser frecuente encontrar referencias a la historia de la filosofía, la historia de la literatura, la historia social y política o la historia del arte; la incorporación de la historia de la ciencia y la técnica a las disciplinas STEM pugna todavía hoy por encontrar su lugar en las aulas de materias como Biología y Geología, Física y Química, Tecnología y Matemáticas. Si bien es cierto que un análisis completo de esta situación requeriría de una mirada a múltiples aspectos sociales y académicos más amplios (como la visibilización de los estudios históricos y sociales sobre ciencia y su situación en el contexto español o el debate en torno a la formación del profesorado de Enseñanza Secundaria); no es menos cierto que la mirada a la formación inicial del profesorado puede contribuir a diagnosticar la situación de partida, ofreciendo propuestas de mejora específicas.

El objetivo principal de este trabajo es analizar la previsible formación inicial en historia de la ciencia del profesorado STEM. Para ello se ha acotado el estudio a la Comunidad de Madrid

y se han definido tres objetos de estudio: los planes de estudio de las especialidades de Biología y Geología, Física y Química, Tecnología y Matemáticas del Máster Universitario en Formación del Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y Bachillerato (en adelante, MESOB) ofertado en las universidades públicas madrileñas; los temarios de oposición para el Acceso a la Función Pública Docente para las citadas especialidades y el currículo de ESO y Bachillerato derivado de la LOMLOE para las materias impartidas por el profesorado de las especialidades anteriormente mencionadas.

El análisis realizado permite ofrecer un prospección útil para reforzar la formación del profesorado STEM en historia de la ciencia partiendo de la situación actual. Si bien las conclusiones del análisis deben inscribirse en un plano normativo, cabe apuntar que el estudio realizado ofrece líneas de interés para reforzar el enfoque competencial en la didáctica de las ciencias experimentales, las matemáticas y la tecnología a través de la historia de la ciencia. Se aboga así por la importancia de su uso docente para promover el aprendizaje significativo, profundo, práctico, contextualizado y crítico de las materias STEM; un aspecto de interés tanto para los docentes en activo, como para los futuros docentes, los docentes encargados de su formación y los diversos agentes ligados a las políticas educativas, la formación del profesorado y la investigación en educación STEM.

2. MARCO TEÓRICO

La reflexión crítica en torno a la formación del profesorado es una cuestión recurrente tanto a nivel social como desde la investigación educativa. Para el caso del profesorado de Enseñanza Secundaria, desde que la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOE) introdujese el requisito de estar en posesión de título oficial de Máster para el acceso a la profesión y con la regulación del Máster Universitario en Formación del Profesorado como título profesionalizante (Orden ECI/3858/2007),

esta titulación ha sido objeto de análisis por parte de la investigación educativa con diferentes miradas, desde las didácticas específicas a los estudios pedagógicos y las políticas educativas. Así, se ha señalado que la formación del profesorado es un factor fundamental en la calidad de la enseñanza, pues la acción docente tiene un impacto directo sobre la calidad de los aprendizajes del alumnado (López-Rupérez et al., 2021).

Tras más de una década de vigencia de este título, se ha señalado la pertinencia de su rediseño en aras de perfeccionar y orientar la formación inicial del profesorado hacia un modelo más competencial. Dicho enfoque competencial es notablemente anterior al actual marco normativo derivado de la Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOMLOE); habiendo sido ampliamente promovido desde organismos internacionales, como la UNESCO, desde finales del pasado siglo. No obstante, su incorporación a la formación inicial del profesorado es todavía hoy un reto pendiente. La formación competencial del futuro profesorado de Enseñanza Secundaria debería dotarle de los conocimientos, destrezas y actitudes necesarios para su quehacer docente, lo que incluye desde el dominio de las áreas del saber que imparte, a su formación en cuestiones pedagógicas y transversales de gran relevancia para su desempeño profesional (Valle et al., 2023). Esta es la concepción de enfoque competencial que subyace en el presente estudio. El Máster en Formación del Profesorado no ha logrado todavía dotar al profesorado de dicho nivel de desempeño de manera plenamente satisfactoria, apreciándose carencias en la formación de los futuros docentes en cuestiones sobre enseñanza-aprendizaje, como las diferentes metodologías didácticas, el diseño de actividades o los recursos educativos (Sarceda-Gorgoso et al., 2020).

En esta línea, para el caso de la formación del profesorado del ámbito STEM se ha incidido en

la necesidad de dotar de mayor protagonismo a las didácticas específicas en la formación de los docentes. Así, más allá de las materias propias de didáctica de las materias de la especialidad docente, sería pertinente la presencia de especialistas en didáctica de las ciencias, matemáticas y tecnología en las materias de complementos de formación disciplinar y de innovación docente e introducción a la investigación educativa (Benarroch Benarroch, 2011). Asimismo, una mayor contextualización de los aprendizajes y una mayor formación en su dimensión práctica y experimental serían aspectos centrales que deben promoverse en la formación de los futuros docentes STEM (Vilches y Gil, 2020).

Todas las demandas anteriores son ampliamente asumibles al incorporar la historia de la ciencia a la formación inicial del profesorado STEM, apuesta que cuenta con una dilatada tradición heredera de la labor del profesorado de las escuelas normales del pasado siglo (Moreno Martínez, 2021, 2022) y que al término del mismo contaba con un amplio consenso en el seno disciplinar de la didáctica de las ciencias experimentales (Campanario, 1998; Urones Jambrina, 1998). En el marco actual, la investigación educativa ha puesto de manifiesto cómo la historia de la ciencia en los planes de formación docente enriquece la comprensión profunda y problematizada de la naturaleza de la ciencia como actividad humana (Acevedo et al., 2017), promueve habilidades cognitivas y lingüísticas (Domènech Casal, 2022), y motiva al profesorado a vincular ciencia y sociedad (Quintanilla Gatica et al., 2022). Asimismo, enfrentar al profesorado al estudio y recreación de experimentos de la historia de la ciencia le permite profundizar en las dimensiones práctica, tácita y empírica que operan tras la producción del conocimiento científico (Hearing, 2009). El consenso internacional en torno a las múltiples potencialidades pedagógicas de la historia de la ciencia para la construcción de una cultura científica ciudadana entronca así con su eminente relevancia en la formación del profesorado (Matthews, 2014).

La Tabla 1 resume las principales potencialidades pedagógicas de la historia de la ciencia para la educación STEM señaladas por la investigación educativa.

No obstante lo anterior, la incorporación de la historia de la ciencia a la formación del profesorado constituye un aspecto nuclear en la propia didáctica de las ciencias. Adoptando la perspectiva diacrónica al estudio de la educación científica promovida por John Rudolph (2019, 2023), la reflexión sobre la pertinente formación del profesorado de ciencias en historia de la ciencia hunde sus raíces en la propia historia de la enseñanza de las ciencias en España. Así, la renovación pedagógica de la enseñanza de las ciencias del primer tercio del siglo XX, que tan notables resultados tuvo en la formación científica del profesorado, no puede entenderse desligada del valor pedagógico que destacados docentes otorgaron a la historia de la ciencia (Moreno Martínez, 2022). No en vano, la considerada como publicación pionera en didáctica de la física y la química en

España, Faraday, fue también una publicación dedicada a la historia de estas ciencias (Moreno Martínez, 2021). Esta importancia de la historia de la ciencia para que el profesorado comprendiese la génesis de las ideas científicas terminó nutriendo el enfoque piagetiano heredado por el constructivismo que hoy, con matices, vertebra la didáctica de las ciencias como disciplina (Aduriz Bravo, 2000).

El último tercio del siglo XX trajo consigo una crisis en la enseñanza de las ciencias materializada en la escasez de alumnos y docentes STEM. Entre las propuestas que se realizaron desde la didáctica de las ciencias experimentales, disciplina entonces emergente, se apuntó la relevancia de introducir la historia de la ciencia para humanizar la ciencia (Matthews, 1994, 1998). Desde entonces, la pertinencia de la historia de la ciencia en la enseñanza cuenta con el respaldo unánime de la investigación educativa (Matthews, 2014). La historia de la ciencia es, por tanto, no solo un saber fundamental que el docente de ciencias ha de

Tabla 1. Potencialidades pedagógicas de la historia de la ciencia para la educación STEM.

	Para el profesorado	Para el alumnado
Enseñar y aprender STEM	Actúa como criterio de selección y secuenciación de contenidos.	Contribuye a situar los conceptos, leyes, teorías y modelos de la ciencia en su contexto.
	Puede actuar como hilo conductor para diseñar unidades didácticas, secuencias y situaciones de aprendizaje.	Ayuda a conocer cómo se ha construido y se construye el conocimiento científico.
	Permite identificar concepciones alternativas en el alumnado	Promueve el aprendizaje significativo de las materias STEM.
	Propicia la colaboración del profesorado de distintas especialidades (STEM y no STEM).	Permite relacionar las disciplinas STEM entre sí y con otras materias de humanidades y ciencias sociales.
Enseñar y aprender sobre STEM	Humaniza la ciencia y la tecnología mostrando aspectos sociales, culturales y políticos relacionados.	Contribuye al desarrollo del pensamiento crítico sobre temas tecnocientíficos.
		Propicia la reflexión en torno a las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y medio ambiente.
	Contribuye a la formación del profesorado, aportando una reflexión crítica sobre las disciplinas STEM.	Permite superar visiones deformadas de la ciencia y la tecnología como campos profesionales.

Fuente: Elaboración propia.

saber y enseñar. Es también una herramienta didáctica cuyos usos ha de conocer desde su formación inicial, combinando así en su quehacer docente tanto su dimensión epistémica con su dimensión pedagógica.

3. MARCO METODOLÓGICO

Estudiar la presencia de la historia de la ciencia en la formación inicial del profesorado exige adoptar una serie de pautas metodológicas propias de la investigación educativa sobre el análisis de la historia de la ciencia en el currículo (Moreno Martínez y Calvo Pascual, 2017) y el análisis epistemológico del currículo de ciencias (Quílez, 2024), además de atender a las innovaciones curriculares introducidas por la LOMLOE (Moreno Martínez et al., 2022). Así, se ha considerado especialmente relevante centrar el análisis en una triada curricular: los planes de estudio del Máster Universitario en Formación del Profesorado de ESO y Bachillerato de las universidades públicas madrileñas (disponibles en libre acceso a través de las páginas web de las distintas universidades), los temarios de acceso a la Función Pública Docente y el currículo de ESO y Bachillerato (todos ellos publicados en los correspondientes boletines oficiales que han sido objeto de estudio y que serán pertinentemente citados).

En todos los casos se ha atendido a la educación STEM en el marco de la Comunidad de Madrid. En este punto cabe matizar qué significado explícito se ha otorgado a la denominación STEM, término de significado elusivo (Domènech Casal, 2024) que incluye desde la integración de materias de matemáticas, ciencias y tecnología a la realización de actividades didácticas interdisciplinares o la agrupación de materias del ámbito científico, tecnológico y matemático. En los últimos años, varios autores han analizado las potencialidades de STEM, como su interés para aplicar y relacionar aprendizajes, y sus limitaciones, como la posible dilución de los contenidos de cada materia (Bogdan Toma y García Carmona, 2021;

Pinto, 2022; Quílez, 2022). En el presente trabajo se hace uso del término STEM como marco que integra las especialidades docentes del profesorado de Enseñanza Secundaria correspondientes a Biología y Geología, Física y Química, Matemáticas y Tecnología. No obstante, dado el alto valor pedagógico de la historia de la ciencia para el aprendizaje interdisciplinar, también se aboga por el papel que la historia de la ciencia puede desempeñar para fomentar un aprendizaje interrelacionado de dichas materias sin pérdida de la especificidad propia de los contenidos, métodos y preguntas de cada una de ellas (Couso et al., 2021; Domènech Casal, 2024). Desde esta mirada a la educación STEM es posible hacer de la historia de la ciencia un elemento impulsor de un aprendizaje que no antagonice contenidos y competencias, pues ambos se encuentran profundamente imbricados.

Los resultados del análisis realizado deben inscribirse en el plano normativo correspondiente al profesorado de la Comunidad de Madrid de alguna de las especialidades anteriores que cursa su formación inicial en alguna de las universidades públicas objeto de análisis, que accede a la Función Pública Docente y ejerce la docencia en el marco curricular definido por la LOMLOE para la etapa de ESO y Bachillerato. El análisis también es de interés para entender la situación inicial del profesorado de dichas especialidades y etapas que tras cursar el MESOB ejerce la docencia en centros concertados y privados cuyo currículo también está definido por la LOMLOE.

Si bien la acción docente implica una serie de particularidades que transforman el currículo introduciendo implícita o explícitamente otras dimensiones en la construcción de las disciplinas escolares (Pérez Ruiz, 2018), la diversidad de elementos curriculares objeto de estudio permiten dotar de significado e interés analítico los resultados obtenidos en clave de diagnóstico de la situación actual de la historia de la ciencia en la formación inicial del profesorado. Para poder abordar el análisis,

ha sido fundamental categorizar las referencias a la historia de la ciencia en planes de estudio y currículo, dado el nivel de atomización y estructuración de los mismos. No ha sido necesario este aspecto para el análisis de los temarios de oposiciones ya que la normativa únicamente establece los títulos de los mismos, sin desgranarlos en elementos curriculares preestablecidos.

Las dos categorías de análisis introducidas y sus características se resumen en la Tabla 2. Como se puede apreciar, las mismas obedecen al tipo de enfoque competencial otorgado a la historia de la ciencia. Dicha categorización se ha probado de gran utilidad para el objetivo de investigación planteado a fin de articular el análisis de la presencia de la historia de la ciencia en la formación inicial del profesorado en el marco del estudio de las competencias profesionales docentes (Valle et al., 2023).

4. RESULTADOS

La historia de la ciencia en las especialidades STEM del Máster Universitario en Formación del Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato (MESOB) de las universidades públicas de la Comunidad de Madrid

El MESOB se oferta actualmente en cinco de las seis universidades públicas de la Comunidad de Madrid: la Universidad de Alcalá de Henares (UAH), la Universidad Autónoma de Madrid (UAM), la Universidad Complutense de Madrid (UCM), la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) y la Universidad Rey Juan Carlos (URJC). A estas cabe añadir la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), cuya sede central nacional se encuentra en la capital. El análisis de los planes de estudios del MESOB en estas universidades desde el marco metodológico abordado en el epígrafe anterior ha revelado un escenario variado, pero

Tabla 2. Categorías de análisis empleadas para la identificación de la historia de la ciencia en los planes de estudio del MESOB y el currículo de ESO y Bachillerato.

	Enfoque C1	Enfoque C2
Presencia curricular	<p>La historia de la ciencia está presente de forma explícita en las competencias específicas (o en su defecto, en los objetivos de la materia); pero no se explicitan contenidos específicos relacionados con la historia de la ciencia.</p> <p>Se incluyen contenidos específicos sobre historia de la ciencia, pero esta no está presente en las competencias específicas (ni en los objetivos) de la materia.</p>	<p>La historia de la ciencia está presente de forma explícita tanto en las competencias específicas de la materia (o en su defecto, en los objetivos de la materia) y se incluyen contenidos específicos sobre historia de la ciencia.</p>
Repercusión sobre la formación competencial	<p>Este enfoque implicaría un nivel de formación competencial parcial. Si la historia de la ciencia solo se incluye como competencia (u objetivo), la ausencia de contenidos específicos implica una insuficiencia para la movilización de saberes en contextos pedagógicos. Por el contrario, si solo se incluyen contenidos sobre historia de la ciencia sin competencias que los encuadren, se pierde el potencial pedagógico que presenta la historia de la ciencia para la educación STEM.</p>	<p>Este enfoque implicaría un nivel de formación competencial completo. Así, la conjunción de competencias y contenidos sobre historia de la ciencia permite formar al docente en la dimensión epistémica y pedagógica de la historia de la ciencia, contribuyendo al conocimiento didáctico del contenido y al aprendizaje profundo (esto es, capaz de ser transferible entre contextos). Además, de este modo se fuerza la formación del profesorado en el diseño de recursos educativos y la aplicación de metodologías didácticas basadas en la evidencia.</p>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Créditos ECTS específicos para cada especialidad docente en el MESOB.

UNIVERSIDAD	UAH	UAM	UCM	UNED	UPM	URJC
Créditos ECTS específicos de la especialidad docente	32	26	30	27	24	24

Fuente: Elaboración propia.

con notables elementos comunes en lo referente a la situación de la formación inicial en historia de la ciencia del profesorado de las especialidades STEM en la Comunidad de Madrid: Biología y Geología (BG), Física y Química (FQ), Tecnología (T) y Matemáticas (M).

Esta variabilidad se debe a diversos aspectos, entre los que cabe apuntar tres. En primer lugar, la diferencia en el número de créditos ECTS correspondientes a la formación en la didáctica específica propia de la especialidad, tal y como se recoge en la Tabla 3. En segundo lugar, la diferente organización de las materias propias de la formación específica de la especialidad docente, existiendo universidades que ofrecen materias obligatorias para toda la especialidad (UAM, UCM, UNED y URJC), frente a otras que ofrecen la posibilidad de seleccionar entre materias optativas (UAH y UPM). En tercer lugar, cabe señalar que no todas las universidades públicas que imparten el MESOB ofertan todas las especialidades STEM.

Así, en el momento en el que se ha realizado este análisis, la especialidad de Biología y Geología no se oferta en la UPM y la especialidad de Tecnología no se oferta en la UAM ni en la UNED.

Entre los elementos comunes relativos a la presencia de la historia de la ciencia en los planes de estudio del MESOB cabe apuntar la nula o escasa presencia de asignaturas específicas centradas en la historia de la correspondiente disciplina STEM o en estudios CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad) donde puede tener cabida formación específica en historia, filosofía y sociología de la ciencia. La Tabla 4 recopila las materias específicas sobre aspectos históricos y/o sociales de las disciplinas STEM en los planes de estudios del MESOB de la Comunidad de Madrid.

El enfoque C1 y C2 a la hora de introducir la historia de la ciencia en los planes de estudio ofrece diferencias en función de las especialidades y universidades consideradas. La Tabla

Tabla 4. Materias específicas sobre aspectos históricos y/o sociales de las disciplinas STEM en los planes de estudios del MESOB de la Comunidad de Madrid.

Nombre de la materia (créditos ECTS y tipo de materia)	Especialidad	Universidad
Papel social de la biología y geología (5 ECTS, materia obligatoria de especialidad)	BG	UCM
Evolución histórica de las ideas de la física y de la química (5 ECTS, materia obligatoria de especialidad)	FQ	UNED
Evolución de la ciencia y la tecnología (3 ECTS, materia optativa común a varias especialidades)	FQ, T, M	UPM
Complementos para la formación disciplinar I: Historia de las matemáticas (3 ECTS, materia obligatoria de especialidad)	M	URJC

Tabla 5. Porcentaje de créditos ECTS sobre el total de créditos de cada especialidad.

	Enfoque C1 (%)						
	UAH	UAM	UCM	UNED	UPM	URJC	MEDIA
BG	25	0	50	0		37,5	22,5
FQ	0	15,4	0	18,5	16,7	0 ⁴ -25 ⁵	10,5
T	0		33,6 ¹		12,5	12,5 ² -37,5 ¹	21,9
M	12,5	15,4	66,7 ²	40,7	12,5-25 ³	50	22,9

	Enfoque C2 (%)						
	UAH	UAM	UCM	UNED	UPM	URJC	MEDIA
BG	0	84,6	16,7	37		0	27,7
FQ	12,5	38,5	33,3	18,5	29,2-54,2 ³	0 ⁵ -25 ⁴	26,2
T	12,5		0		25-37,5 ³	0	10,9
M	0	84,6	50	18,5	0-25 ³	12,5	29,7

Fuente: Elaboración propia.

5 recoge la distribución de la historia de la ciencia en los planes de estudio del MESOB de las distintas universidades atendiendo al porcentaje de créditos ECTS de las materias que incorporan la historia de la ciencia respecto al total de créditos de las materias de la especialidad.

Como se puede colegir de la Tabla 5, la especialidad de Matemáticas es la que presenta una mayor presencia normativa de la historia de la ciencia en la formación inicial del profesorado en las universidades públicas madrileñas tanto parcialmente (enfoque C1) como de forma completa (enfoque C2), seguida

por la especialidad de Biología y Geología. Las especialidades de Física y Química y de Tecnología presentan una menor presencia de formación en historia de la ciencia, aunque el enfoque C2 está mucho más presente en la primera que en la segunda. Si bien, cabe recordar que la especialidad de Tecnología es la especialidad STEM menos ofertada en la muestra analizada.

Otro aspecto reseñable de los resultados obtenidos radica en la distinta tipología de materias en las que se introduce la historia de la ciencia mediante el enfoque C1 o el enfoque C2. La formación específica del profesorado en el MESOB (denominado Módulo Específico, diferenciado del Módulo Genérico, del Prácticum y del Trabajo Fin de Máster) puede agruparse en tres tipos de materias: un tipo destinado a la formación en las didácticas específicas correspondientes a la especialidad, un tipo dirigido a complementar la

1 Dato para titulados en Ingeniería Informática.

2. Dato para titulados en otras ingenierías o en ciencias.

3. Valor variable debido a la posibilidad de elegir dos materias de 3 ECTS cada.

4. Dato para titulados en Química o grados afines con mayor formación en química que en física.

5. Dato para titulados en Física o grados afines con mayor formación en física que en química.

Tabla 6. Tipos de materias que abordan la historia de la ciencia con enfoque C1.

	Formación en las didácticas específicas	Complementos de formación disciplinar	Formación en innovación e investigación educativa
BG	2 universidades (UAH, UCM)	2 universidades (UAH, URJC)	2 universidades
FQ	1 universidad (UPM)	2 universidades (UNED, URJC)	(UCM, URJC)
T	1 universidad (UCM)	2 universidades (UCM, UPM)	1 universidad (URJC)
M	4 universidades (UAM, UNED, UPM, URJC)	3 universidades (UAH, UNED, UPM)	2 universidades (UAM, URJC)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7. Tipos de materias que abordan la historia de la ciencia con enfoque C2.

	Formación en las didácticas específicas	Complementos de formación disciplinar	Formación en innovación e investigación educativa
BG	1 universidad (UAM)	3 universidades (UAM, UCM, UNED)	Ninguna universidad
FQ	1 universidad (UAM)	5 universidades (UAH, UCM, UNED, UPM, URJC)	Ninguna universidad
T	Ninguna universidad	2 universidades (UAH, UPM)	Ninguna universidad
M	Ninguna universidad	5 universidades (UAM, UCM, UNED, UPM, URJC)	Ninguna universidad

Fuente: Elaboración propia.

formación disciplinar de origen y otro tipo sobre innovación e investigación en educación. Tal y como puede observarse en las Tablas 6 y 7, el enfoque C1 está presente en todas las especialidades y en los tres módulos, garantizando un contacto parcial del profesorado con la historia de la ciencia desde el punto de vista normativo. Por el contrario, el enfoque C2 prevalece en el módulo dirigido a complementar la formación disciplinar del profesorado, cuenta con un papel menor en la formación en didácticas específicas y no se aborda desde el módulo de innovación e

investigación educativa. Este aspecto, como se discutirá más adelante, constituye un notable punto de mejora en aras de fortalecer la incorporación de la historia de la ciencia a la práctica docente.

El examen de los planes de estudio también revela un diferente despliegue curricular de los elementos vinculados a la historia de la ciencia para las distintas especialidades, incluso partiendo de competencias análogas. La Tabla 8 ilustra esta cuestión para la especialidad de Física y Química en dos universidades distintas.

Tabla 8. Dos formas distintas de desplegar curricularmente el enfoque C2 en la materia de Complementos de Formación Disciplinar en Física y Química en dos universidades.

UNIVERSIDAD	UAM	UCM
Materia(s)	Complementos para la formación disciplinar en Física y Química	Complementos de Física (CF) Complementos de Química (CQ) Se cursa una u otra en función de la titulación de procedencia.
Créditos	10 ECTS	10 ECTS
Competencias	<p>Conocer y analizar las características históricas de la profesión docente, su situación actual, perspectivas e interrelación con la realidad social de cada época.</p> <p>Conocer la historia y los desarrollos recientes de las materias y sus perspectivas para transmitir una visión dinámica de las mismas.</p> <p>Conocer la naturaleza de la física y la química, sus limitaciones y los paradigmas que han contribuido a la construcción de estas ciencias.</p> <p>La naturaleza científica de la física: sus logros y limitaciones, su carácter predictivo e interpretativo de la realidad.</p> <p>Descubrimientos importantes en física y avances en el desarrollo tecnológico.</p> <p>Análisis de los momentos importantes de la historia de la física:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Los paradigmas en física: cambios y consolidación. - Las nuevas fronteras de la física. - Los grandes laboratorios internacionales. <p>La naturaleza científica de la química: sus logros y limitaciones, su carácter predictivo e interpretativo de la realidad a través de modelos.</p> <p>Momentos esterales de la historia de la química:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Origen de los nombres de los elementos químicos. - Los paradigmas en química: cambios y consolidación. - Las nuevas fronteras de la química. 	<p>Conocer la historia y los desarrollos recientes de la física para así transmitirlos de una forma dinámica (CF).</p> <p>Conocer la historia y los desarrollos recientes de las disciplinas correspondientes y sus perspectivas para poder transmitir una visión dinámica de la misma (CQ).</p>

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, cabe apuntar que el examen de los planes de estudio del MESOB permite identificar qué aspectos sobre historia de la ciencia se consideran especialmente relevantes para la formación inicial

del profesorado STEM por parte de las universidades públicas. La Tabla 9 sintetiza las competencias y contenidos de historia de la ciencia identificados en los distintos planes de estudio del MESOB.

Tabla 9. Competencias y contenidos de historia de la ciencia en los planes de estudio del MESOB.

ESPECIALIDAD	BG	FQ	T	M
Competencias	<p>Conocer la historia y los desarrollos recientes de las materias y sus perspectivas para transmitir una visión dinámica de las mismas.</p> <p>Reconocer aportaciones y limitaciones de la ciencia como empresa humana cuyas ideas están en continua evolución y condicionadas por el contexto cultural, social y económico.</p> <p>Reconocer la influencia recíproca entre el desarrollo científico y los contextos sociales, políticos, económicos, religiosos, educativos y culturales.</p> <p>Conocer y analizar las características históricas de la profesión docente, su situación actual, perspectivas e interrelación con la realidad social de cada época.</p>			
Contenidos	<p>Conocer el origen, desarrollo histórico y estado actual de la biología, la geología y las ciencias ambientales, así como su integración en los distintos currículos de Ciencias de la Naturaleza en Secundaria.</p> <p>Construcción del conocimiento científico.</p> <p>Epistemología e historia de la biología y la geología.</p> <p>Grandes hitos en el desarrollo del pensamiento biológico y geológico. Científicos-naturalistas que los dieron a conocer.</p> <p>Conceptos en la historia reciente de la geología.</p> <p>Historia y tendencias de la investigación educativa aplicada a la biología y la geología.</p>	<p>Evolución histórica de los conceptos físicos.</p> <p>Evolución de las teorías científicas.</p> <p>Momentos importantes en la historia de la física y la química.</p> <p>Física y química en la Antigüedad y la Edad Media.</p> <p>Naturaleza científica de la física y la química: logros, limitaciones, carácter predictivo e interpretativo, paradigmas que han contribuido a la construcción de estas ciencias.</p> <p>Origen del nombre de los elementos químicos. Historia de su descubrimiento y de su clasificación periódica.</p> <p>Precedentes cosmológicos de las culturas occidentales y los modelos del universo. La revolución de Copérnico. Descubrimientos de Tycho Brahe. Cinemática en la época de Galileo. Desarrollo histórico de la gravitación universal. Más allá de Newton: Einstein, Hubble y radiación de fondo. La nueva física: física cuántica y relatividad.</p> <p>Origen de la termodinámica.</p> <p>Historia de la electricidad. De Volta a Tesla. Luz, electricidad y magnetismo.</p> <p>Controversia Huygens-Newton. Teoría ondulatoria de Huygens-Fresnel.</p> <p>Historia de la industria química.</p> <p>Química en España y Madrid.</p> <p>Investigación histórica en la investigación educativa en física y química.</p> <p>Enfoque STEAM y CTS.</p>	<p>Historia de la informática.</p> <p>Historia de la utilización de las TIC en la enseñanza.</p> <p>Historia de la digitalización.</p> <p>Historia de internet.</p> <p>Evolución histórica de la inteligencia artificial.</p> <p>Evolución de la informática gráfica.</p> <p>Historia de la robótica.</p> <p>Evolución de la tecnología, valor formativo de la tecnología. Interdisciplinariedad de los contenidos.</p> <p>Evolución de los contenidos y enfoques metodológicos en la enseñanza de la tecnología.</p>	<p>Importancia didáctica de la historia de las matemáticas.</p> <p>Evolución histórica del concepto de número, la geometría (de Pitagóricos a Euclides), la aritmética (de la matemática griega y de la antigua Asia a Fermat), el álgebra (historia de las ecuaciones), el análisis matemático (Newton y Leibniz), la estadística y la probabilidad.</p> <p>Matemáticas en la Antigüedad: Orígenes, Grecia, América precolombina, China e India. Matemáticas medievales y renacentistas. Las matemáticas desde el siglo XVII al siglo XXI.</p> <p>La resolución de problemas en perspectiva histórica.</p> <p>Historia de la educación matemática. Escuela francesa. Matemática realista.</p> <p>Enfoques STEAM y CTS.</p>

Fuente: Elaboración propia.

Como puede apreciarse, la historia de la ciencia en los planes de estudio del MESOB aboga tanto por el conocimiento de determinados hitos relevantes en el desarrollo histórico de las disciplinas STEM como en su relevancia para la reflexión sobre su naturaleza, sus relaciones con la sociedad y otros aspectos vinculados a la producción del conocimiento científico-técnico. La relevancia educativa de la historia de la ciencia o la importancia de conocer la historia de la educación STEM cuentan con un papel secundario. Este aspecto, como se abordará más adelante, también constituye un punto de partida de interés para la mejora de la formación inicial del profesorado en historia de la ciencia.

La historia de la ciencia en los temarios de oposición de las especialidades STEM para el Acceso a la Función Pública Docente en la Comunidad de Madrid

La historia de la ciencia está presente en los temarios de oposición de todas las especialidades STEM, aunque en distinto grado, tal y como es posible colegir del análisis de la Orden de 9 de septiembre de 1993 que regula los mismos. Así, mientras que cerca de un cuarto del temario de la especialidad de Física y Química (16 de 75 temas) corresponde a temas directamente relacionados con la historia de la ciencia (21% del temario), estos temas se encuentran en menor número en las especialidades de Biología y Geología (9 de 75 temas, suponiendo un 12% del temario), Matemáticas (6 de 71 temas, suponiendo un 8% del temario) y Tecnología (4 de 71 temas, suponiendo un 6% del temario). La Tabla 10 recoge los temas que abordan explícitamente la historia de la ciencia para las distintas especialidades.

Si se compara la presencia de la historia de la ciencia en los temarios de oposición con la que presenta en los planes de estudio del MESOB, cabe apreciar que mientras que la especialidad de Matemáticas es la que otorga mayor relevancia a la historia de la ciencia en la formación de los futuros docentes (tanto a través del enfoque C1 como del enfoque C2), en el Acceso

a la Función Pública Docente dichos aprendizajes no tienen un papel destacado. En el caso de la especialidad de Tecnología, la historia de la ciencia cuenta con un papel poco destacado tanto en los planes de estudio del MESOB como en los temarios de oposición. La notable presencia de la historia de la ciencia en el MESOB se encuentra en fase con su relevancia en el temario de oposiciones en el caso de la materia de Biología y Geología.

Especial mención merece el caso de Física y Química, especialidad con un destacado número de temas sobre historia de la ciencia que no se corresponde con la presencia de historia de la ciencia en los planes de estudio del MESOB en buena parte de las universidades, salvo en el caso de la UNED y la UPM que ofertan materias específicas de historia de la ciencia. Asimismo, la especialidad de Física y Química es la que menor enfoque C1 presenta, pero no es la de mayor enfoque C2; lo cual contrasta con la importancia de la historia de la física y la química en los temarios para el Acceso a la Función Pública Docente. Este punto merece, por tanto, atención por parte de las instituciones a fin de reforzar la formación inicial en historia de la ciencia del profesorado de Física y Química.

La historia de la ciencia en el currículo de las materias STEM de ESO y Bachillerato en la Comunidad de Madrid

El análisis del currículo de las materias STEM de ESO y Bachillerato en el marco de la Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOMLOE), establecidos para la Comunidad de Madrid por los Decretos 65/2022 y 64/2022, respectivamente, ha revelado que el enfoque C2 es el mayoritario, estando presente en el 64,5% de las materias STEM. El enfoque C1 está presente en el 16,1% de las materias STEM. El 19,4 % de las materias STEM de ESO y Bachillerato no explicita la historia de la ciencia en sus elementos curriculares. En la Tabla 11 se indica el enfoque correspondiente a cada materia STEM de ESO y Bachillerato.

Tabla 10. Temas sobre historia de la ciencia en los temarios de oposición de las especialidades STEM..

BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA
<p>Tema 9. Las teorías orogénicas. Deriva continental y tectónica de placas.</p> <p>Tema 18. La Tierra un planeta en continuo cambio. Los fósiles como indicadores. El tiempo geológico. Explicaciones históricas al problema de los cambios.</p> <p>Tema 22. El origen de la vida y su interpretación histórica. Evolución precelular. La Teoría celular y la organización de los seres vivos.</p> <p>Tema 62. El sistema inmunológico. La inmunodeficiencia. Los sueros y las vacunas: descubrimiento histórico e importancia sanitaria y económica.</p> <p>Tema 65. La naturaleza de la evolución. Mecanismos y pruebas. Principales teorías.</p> <p>Tema 66. Evolución de la concepción de ciencia. Las revoluciones científicas y los cambios de paradigmas en la biología y la geología. La ciencia como proceso en construcción. Los científicos y sus condicionamientos sociales. Las actitudes científicas en la vida cotidiana.</p> <p>Tema 67. Momentos clave en la historia de la biología y la geología. La biología y la geología española en el contexto mundial. Principales áreas de investigación actual. Las relaciones Ciencia/Tecnología/Sociedad en la Biología y Geología.</p> <p>Tema 72. El problema de la posición de la Tierra en el Universo. Sistemas geocéntrico y heliocéntrico. Gravitación universal. Peso de los cuerpos. Importancia histórica de la unificación de la gravedad terrestre y celeste.</p> <p>Tema 74. Naturaleza eléctrica de la materia. Corriente eléctrica. Electromagnetismo. Inducción electromagnética. La energía eléctrica: una forma privilegiada de energía. Evolución de las necesidades energéticas de la sociedad. Energías alternativas.</p>
FÍSICA Y QUÍMICA
<p>Tema 1. Principales concepciones de la ciencia. Los grandes cambios: las revoluciones científicas. La ciencia como un proceso en continua construcción: algún ejemplo en física o en química. Los científicos y sus condicionamientos sociales. Las actitudes científicas en la vida cotidiana.</p> <p>Tema 2. Momentos clave en el desarrollo de la física y de la química. Principales científicos o grupos de científicos implicados. Problemas físicos y químicos prioritarios en la investigación actual.</p> <p>Tema 5. Evolución histórica de la relación fuerza-movimiento. Dinámica de la partícula. Leyes de Newton. Principio de conservación del momento lineal. Aplicaciones.</p> <p>Tema 8. El problema de la posición de la Tierra en el Universo. Sistemas geocéntrico y heliocéntrico. Teoría de la gravitación universal. Aplicaciones. Importancia histórica de la unificación de la gravitación terrestre y celeste.</p> <p>Tema 10. Estática de fluidos. Presión atmosférica. Distintos planteamientos en la historia de la ciencia en torno al vacío. Métodos para el estudio experimental de la presión.</p> <p>Tema 14. La energía y su transferencia. Relación trabajo-energía. Principio de conservación de la energía. Evolución en las necesidades energéticas de la sociedad. Repercusiones medioambientales. Energías alternativas.</p> <p>Tema 15. Energía interna. Calor y temperatura. Desarrollo histórico del concepto de calor. Equilibrio térmico. Propagación del calor. Efectos del calor sobre los cuerpos. Conductores y aislantes. Aplicaciones.</p> <p>Tema 28. Desarrollo histórico de la unificación de la electricidad, el magnetismo y la óptica.</p> <p>Tema 29. Limitaciones de la física cuántica. Mecánica relativista. Postulados de la relatividad especial. Algunas implicaciones de la física relativista.</p> <p>Tema 30. Teoría cuántica. Problemas precursores. Limitaciones de la física clásica para resolverlos. Fenómenos que corroboran la teoría cuántica.</p> <p>Tema 31. Controversia sobre la naturaleza de la luz. Dualidad onda-corpúsculo. Experiencias que la ponen de manifiesto. Interacción radiación-materia. Relaciones de incertidumbre.</p> <p>Tema 33. Teoría atómica de Dalton. Principio de conservación de la masa. Leyes ponderales y volumétricas. Hipótesis de Avogadro. Estequiometría.</p> <p>Tema 34. Modelos atómicos. Evolución histórica y justificaciones de cada modificación.</p> <p>Tema 40. Evolución histórica de la clasificación de los elementos químicos. Periodicidad de las propiedades y relación con la configuración electrónica. Estudio experimental de algunas de las propiedades periódicas.</p> <p>Tema 69. El origen de la Tierra. Estructura y composición de la Tierra. Las teorías orogénicas. La deriva continental. Interpretación global de los fenómenos geológicos a la luz de la teoría de la tectónica de placas.</p> <p>Tema 70. La Tierra un planeta en continuo cambio. Los fósiles como indicadores. El tiempo geológico. Explicaciones históricas al problema de los cambios. La evolución, mecanismos y pruebas.</p>
TECNOLOGÍA
<p>Tema 5. El desarrollo científico y técnico a lo largo de la historia: contexto social y logros característicos.</p> <p>Tema 6. Condiciones y consecuencias económicas y sociales del desarrollo tecnológico.</p> <p>Tema 7. La influencia del desarrollo tecnológico en la organización técnica y social del trabajo.</p> <p>Tema 8. El desarrollo del transporte, las comunicaciones, el tratamiento y la transmisión de información.</p>

MATEMÁTICAS

Tema 10. Sucesivas aplicaciones del concepto de número. Evolución histórica y problemas que resuelve cada una.
 Tema 20. El lenguaje algebraico. Símbolos y números. Importancia de su desarrollo y problemas que resuelve. Evolución histórica del álgebra.
 Tema 33. Evolución histórica del cálculo diferencial.
 Tema 56. Evolución histórica de la geometría
 Tema 68. Aplicaciones de la estadística y el cálculo de probabilidades al estudio y toma de decisiones en problemas de las ciencias sociales y de la naturaleza. Evolución histórica.
 Tema 69. La importancia de la resolución de problemas en Matemáticas. Estrategias. Importancia histórica.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11. Enfoque otorgado a la historia de la ciencia en el currículo de las materias STEM de ESO y Bachillerato.

ESPECIALIDAD	Materia, curso y etapa	Enfoque
BG	Biología y Geología 1.º ESO	C2
	Biología y Geología 3.º ESO	C1
	Biología y Geología 4.º ESO	C2
	Biología, Geología y Ciencias Ambientales 1.º Bachillerato	C2
	Biología 2.º Bachillerato	C1
	Geología y Ciencias Ambientales 2.º Bachillerato	C2
	Ciencias Generales 2.º Bachillerato	C2
	Ciencias Generales 2.º Bachillerato	C2
FQ	Ciencias Generales 2.º Bachillerato	C2
	Física y Química 2.º ESO	C2
	Física y Química 3.º ESO	C1
	Física y Química 4.º ESO	C2
	Física y Química 1.º Bachillerato	C2
	Física 2.º Bachillerato	C2
	Química 2.º Bachillerato	C2
T	Ciencias de la Computación 1.º ESO	Ninguno
	Ciencias de la Computación 2.º ESO	Ninguno
	Tecnología y Digitalización 2.º ESO	C2
	Tecnología y Digitalización 3.º ESO	C1
	Tecnología 4.º ESO	C1
	Digitalización 4.º ESO	Ninguno
	Tecnología e Ingeniería I 1.º Bachillerato	Ninguno
	Tecnología e Ingeniería II 2.º Bachillerato	Ninguno

M	Matemáticas 1.º ESO	Ninguno
	Matemáticas 2.º ESO	C2
	Matemáticas 3.º ESO	C2
	Matemáticas A 4.º ESO	C2
	Matemáticas B 4.º ESO	C2
	Matemáticas I 1.º Bachillerato	C2
	Matemáticas Aplicadas a las Ciencias Sociales I 1.º Bachillerato	C2
	Matemáticas Generales 1.º Bachillerato	C2
	Matemáticas II 2.º Bachillerato	C2
	Matemáticas Aplicadas a las Ciencias Sociales II 2.º Bachillerato	C2

Fuente: Elaboración propia.

Por especialidades, Matemáticas es la que presenta un mayor número de materias con enfoque C2 (90%), seguida de Física y Química (85,7%), Biología y Geología (71,4%) y Tecnología (12,5%). El enfoque C1 no está presente en la especialidad de Matemáticas, pero sí en Biología y Geología (28,6%), Tecnología (25%) y Física y Química (14,3%). Las materias que desatienden curricularmente la historia de la ciencia pertenecen a las especialidades de Matemáticas (12,5%) y Tecnología (62,5%), constituyendo más de la mitad en esta última.

La baja presencia de la historia de la ciencia en las materias de Tecnología se sitúa en concordancia con su escasa presencia en los planes de estudio del MESOB y en los temarios

de oposición. La presencia del enfoque C2 en la práctica totalidad de las materias de Matemáticas de ESO y Bachillerato concuerda con la importancia otorgada a la historia de las matemáticas en los planes de estudio del MESOB, pero no con su presencia en el temario de oposición. La historia de la ciencia presenta una amplia presencia curricular en las materias de ciencias (Biología y Geología, Física y Química) de ESO y Bachillerato, lo que no hace sino reforzar la necesidad de una mayor formación en historia de la ciencia del profesorado de estas especialidades, tal y como se ha mencionado con anterioridad. Las referencias curriculares específicas a la historia de la ciencia en las materias STEM de ESO y Bachillerato se recogen en las Tablas 12 a 14.

Tabla 12. Referencias a la historia de la ciencia en el currículo de Educación Secundaria Obligatoria de las materias STEM en la Comunidad de Madrid.

	Competencias o criterios de evaluación	Contenidos (saberes básicos)
Biología y Geología 1.º ESO	Valorar la contribución de la ciencia a la sociedad y la labor de las personas dedicadas a ella con independencia de su etnia, sexo o cultura, reconociendo el papel de las mujeres científicas y entendiendo la investigación como una labor interdisciplinar en constante evolución.	La historia de la ciencia está presente de forma explícita tanto en las competencias específicas
Biología y Geología 3.º ESO		Avances y aportaciones de las ciencias biomédicas.

<p>Biología y Geología 4.º ESO</p>	<p>Valorar la contribución de la ciencia a la sociedad y la labor de las personas dedicadas a ella, entendiendo la investigación como una labor colectiva e interdisciplinar en constante evaluación.</p>	<p>La labor científica y las personas dedicadas a la ciencia: contribución a las ciencias biológicas y geológicas e importancia social La evolución histórica del saber científica: la ciencia como labor colectiva, interdisciplinar y en continua construcción Análisis del proceso evolutivo de una o más características concretas de una especie determinada a la luz de la teoría neodarwinista y de otras teorías con relevancia histórica (lamarckismo y darwinismo).</p>
<p>Física y Química 2.º ESO</p>	<p>Entender la ciencia como un proceso en construcción a través del análisis histórico de algunos hitos científicos, y las repercusiones mutuas de la ciencia actual con la tecnología, la sociedad y el medio ambiente.</p>	<p>Valoración de la cultura científica y el papel de científicos en los principales hitos históricos y actuales de la física y la química. Estructura atómica: presentación del desarrollo histórico de los modelos atómicos.</p>
<p>Física y Química 3.º ESO</p>		<p>Reconocer y valorar, a través del análisis histórico de los avances científicos logrados por la humanidad, que la ciencia es un proceso en permanente construcción y que existen repercusiones mutuas de la ciencia actual con la tecnología, la sociedad y el medio ambiente.</p>
<p>Física y Química 4.º ESO</p>	<p>Reconocer y valorar, a través del análisis histórico de los avances científicos, así como de situaciones y contextos actuales (líneas de investigación, instituciones científicas, etc.), que la ciencia es un proceso en permanente construcción.</p>	<p>Valoración de la cultura científica y del papel de científicos y científicas en los principales hitos históricos y actuales de la física y la química para el avance y la mejora de la sociedad. Desarrollo histórico de los principales modelos atómicos clásicos y cuánticos y descripción de las partículas subatómicas, estableciendo su relación con los avances de la física y la química. Las partículas elementales. Evolución de los modelos atómicos hasta el modelo de Bohr-Sommerfeld.</p>
<p>Tecnología y Digitalización 2.º ESO</p>	<p>Hacer un uso responsable de la tecnología, mostrando interés por un desarrollo equilibrado, identificando sus repercusiones y valorando la contribución de las tecnologías emergentes, para identificar las aportaciones y el impacto del desarrollo tecnológico. Reconocer la influencia de la actividad tecnológica en la sociedad y en el entorno a lo largo de su historia.</p>	<p>Desarrollo tecnológico. Creatividad, innovación, investigación, obsolescencia e impacto.</p>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13. Referencias a la historia de la ciencia en el currículo de Bachillerato de las materias de las especialidades de Biología y Geología y de Física y Química en la Comunidad de Madrid.

	Competencias o criterios de evaluación	Contenidos (saberes básicos)
Biología, Geología y Ciencias Ambientales 1.º Bachillerato	Argumentar sobre la contribución de la ciencia a la sociedad y la labor de las personas dedicadas a ella y entendiendo la investigación como una labor colectiva e interdisciplinar en constante evolución	La evolución histórica del saber científico: la ciencia como labor en grupo, interdisciplinar y en continua construcción.
Biología 2.º Bachillerato	Argumentar, utilizando ejemplos concretos, sobre la contribución de la ciencia a la sociedad y la labor de las personas dedicadas a ella, y entendiendo la investigación como una labor de grupo e interdisciplinar en constante evolución.	
Geología y Ciencias Ambientales 2.º Bachillerato	Argumentar, utilizando ejemplos concretos, sobre la contribución de la ciencia a la sociedad y la labor de las personas dedicadas a ella, entiendo la investigación como una labor interdisciplinar en constante evolución.	La labor científica y las personas dedicadas a la ciencia: contribución al desarrollo de la geología y las ciencias ambientales. La evolución histórica del saber científico: el avance de la geología y las ciencias ambientales.
Ciencias Generales 2.º Bachillerato	Analizar la contribución de la ciencia y de las personas que se dedican a ella, entendiéndola como un proceso interdisciplinar en equipo y en continua construcción, para valorar su papel esencial en el progreso de la sociedad. Reconocer la relevancia de la ciencia en el progreso de la sociedad, valorando el importante papel que juegan las personas en el desempeño de la investigación científica.	Contribución de los científicos a los principales hitos de la ciencia para el avance y la mejora de la sociedad. Valoración del papel de los grandes científicos en el desarrollo de la ciencia estableciendo su contexto histórico. La estructura interna de la materia y su relación con las regularidades que se producen en la tabla periódica. Reconocimiento de su importancia histórica y actual. Evolución histórica de la tabla periódica hasta la actualidad.
Física y Química 1.º Bachillerato	Debatir, de manera informada y argumentada, sobre las diferentes cuestiones medioambientales, sociales y éticas relacionadas con el desarrollo de las ciencias, alcanzando un consenso sobre las consecuencias de estos avances y proponiendo soluciones creativas en común a las cuestiones planteadas.	Desarrollo de la tabla periódica: contribuciones históricas a su elaboración actual e importancia como herramienta predictiva de las propiedades de los elementos. Primeros intentos de clasificación de los elementos químicos: Las triadas de Döbereiner y las octavas de Newlands, entre otros. Clasificaciones periódicas de Mendeleiev y Meyer. La tabla periódica actual.

<p>Física 2.º Bachillerato</p>	<p>Reconocer y analizar el carácter multidisciplinar de la física, considerando su relevante recorrido histórico y sus contribuciones al avance del conocimiento científico como un proceso en continua evolución e innovación, para establecer unas bases de conocimiento y relación con otras disciplinas científicas</p> <p>Reconocer la relevancia de la física en el desarrollo de la ciencia, la tecnología, la economía, etc., empleando adecuadamente los fundamentos científicos relativos a esos ámbitos.</p> <p>Identificar los principales avances científicos relacionados con la física que han contribuido a la formulación de leyes y teorías aceptadas actualmente en el conjunto de las disciplinas científicas, como las fases para el entendimiento de las metodologías de la ciencia, su evolución constante y su universalidad</p>	<p>Naturaleza de la luz: controversias y debates históricos sobre los modelos ondulatorio y corpuscular. La luz como onda electromagnética.</p> <p>Limitaciones de la física clásica. Experimento de Michelson-Morley.</p> <p>Otras limitaciones de la física clásica: radiación del cuerpo negro, efecto fotoeléctrico y espectros atómicos. Trabajo de extracción y energía cinética de los fotoelectrones en el efecto fotoeléctrico.</p> <p>Fronteras y desafíos de la física.</p>
<p>Química 2.º Bachillerato</p>	<p>Comprender, describir y aplicar los fundamentos de los procesos químicos más importantes, atendiendo a su base experimental y a los fenómenos que describen, para reconocer el papel relevante de la química en el desarrollo de la sociedad.</p> <p>Reconocer la importancia de la química y sus conexiones con otras áreas en el desarrollo de la sociedad, el progreso de la ciencia, la tecnología y la economía, identificando los avances en el campo de la química que han sido fundamentales.</p> <p>Aplicar de manera informada, coherente y razonada los modelos y leyes de la química, explicando y prediciendo las consecuencias de experimentos, fenómenos naturales, procesos industriales y descubrimientos científicos.</p> <p>Explicar, empleando los conocimientos científicos adecuados, cuáles son los beneficios de los numerosos productos de la tecnología química y cómo su empleo y aplicación han contribuido al progreso de la sociedad.</p>	<p>Radiación electromagnética. Los espectros atómicos como responsables de la necesidad de la revisión del modelo atómico. Relevancia de este fenómeno en el contexto del desarrollo histórico del modelo atómico. El espectro de emisión del hidrógeno.</p> <p>Del modelo de Bohr a los modelos mecanocuánticos.</p>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. Referencias a la historia de la ciencia en el currículo de Bachillerato de las materias de las especialidades de Biología y Geología y de Física y Química en la Comunidad de Madrid.

	Competencias o criterios de evaluación	Contenidos (saberes básicos)
Matemáticas I y II 1.º y 2.º Bachillerato	Analizar la aportación de las matemáticas al progreso de la humanidad reflexionando sobre su contribución en la propuesta de soluciones a situaciones complejas y a los retos científicos y tecnológicos que se plantean en la sociedad.	Valoración de la contribución de las matemáticas y el papel de matemáticos a lo largo de la historia en el avance de la ciencia y la tecnología.
Matemáticas aplicadas a las CC.SS. I y II 1.º y 2.º Bachillerato	Analizar la aportación de las matemáticas al progreso de la humanidad reflexionando sobre su contribución en la propuesta de soluciones a situaciones complejas y a los retos en las ciencias sociales que se planteen.	Valoración de la contribución de las matemáticas y el papel de matemáticos a lo largo de la historia en el avance de las ciencias sociales.
Matemáticas Generales 1.º Bachillerato	Analizar la aportación de las matemáticas al progreso de la humanidad, reflexionando sobre su contribución en la propuesta de soluciones a situaciones complejas y a los retos que se plantean en la sociedad.	Los primos Germain. Contexto e importancia de las propiedades de ciertos números primos descubiertos por Sophie Germain. El problema de la resolución de la ecuación de Fermat y otros problemas matemáticos de difícil solución; su importancia en la evolución de las matemáticas. Valoración de la contribución de las Matemáticas y el papel de matemáticos a lo largo de la historia en el avance de la humanidad. Reconocimiento de las aportaciones de los matemáticos españoles (María Andresa Casamayor, Miguel de Guzmán, Pedro Puig Adam o Julio Rey Pastor entre otros) al desarrollo de la pluralidad de las matemáticas.

Fuente: Elaboración propia

Como puede apreciarse, en ocasiones la historia de la ciencia se introduce como una competencia específica de las materias STEM correspondientes o bien se concreta a través de un criterio de evaluación específico. Dado que la LOMLOE vincula los criterios de evaluación con las competencias y no con los contenidos (Moreno Martínez et al. 2022), la presencia de la historia de la ciencia en los criterios de evaluación se puede interpretar como una forma de introducir la historia de la ciencia desde un enfoque competencial parcial (enfoque C1) o total (enfoque C2).

5. CONCLUSIONES

El futuro profesorado STEM de la Comunidad de Madrid que curse el Máster Universitario en Formación del Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato en alguna universidad pública tendrá previsiblemente un contacto desigual con la historia de la ciencia en función de la especialidad docente elegida y la universidad en la que lo curse. La situación más probable es que su formación inicial en historia de la ciencia oscile entre referencias a determinados episodios relevantes en el desarrollo histórico de las disciplinas que imparte y un enfoque competencial más apropiado a

los requerimientos de la investigación educativa y las demandas del currículo actual derivado de la LOMLOE. También será más probable que su formación competencial en historia de la ciencia provenga de las materias complementarias a su formación disciplinar. Menos probable será que dicha formación tenga lugar en el estudio de la didáctica específica correspondiente o en el ámbito de la introducción a la innovación y la investigación educativa. En términos medios, será el profesorado de Matemáticas el que reciba una mayor formación en historia de la ciencia y el profesorado de Tecnología, el que reciba menor formación en este terreno. La situación del profesorado de Biología y Geología y de Física y Química invita a una situación mejor que la del profesorado de Tecnología, aunque mejorable.

Si elige ejercer la docencia en la escuela pública madrileña, el profesorado deberá abordar la preparación de las oposiciones, donde tendrá contacto con la historia de la ciencia a través de los temarios. Si bien la libertad a la hora de elaborar los mismos permite incluir epígrafes sobre antecedentes históricos u otros aspectos de la historia de la ciencia, en todas las especialidades el docente-opositor se encontrará con temas específicos de historia de la ciencia, especialmente en la especialidad de Física y Química. Precisamente, esta especialidad no es la que mayor peso otorga a la historia de la ciencia en la formación inicial de sus docentes, ni parcialmente (enfoque C1) ni totalmente (enfoque C2). Una clara muestra de la necesidad de reforzar la formación en historia de la física y la química de sus futuros docentes.

Finalmente, aquellos docentes que se incorporen a la Función Pública e incluso aquellos que ejerzan la docencia en centros concertados y privados, deberán regir su acción docente por el currículo establecido a nivel autonómico. Con la excepción de las materias vinculadas a la especialidad de Tecnología, donde las referencias a la historia de la técnica son nulas o muy puntuales, la historia de la ciencia estará presente en el currículo de la mayoría de

materias de las especialidades de Biología y Geología, Física y Química, y Matemáticas. El despliegue efectivo de la historia de la ciencia presente en el currículo, tanto en ESO como en Bachillerato, necesita que el profesorado conozca los principales hitos y personajes de la historia de las disciplinas que imparte, a la par que sea capaz de reflexionar sobre la naturaleza de las mismas a través del análisis de episodios históricos significativos. Todo ello permite concluir la pertinencia de la formación inicial en historia de la ciencia del profesorado STEM. Su relevancia para el Acceso a la Función Pública Docente, unido a la evidencia proporcionada por la investigación educativa, no hace sino evidenciar la necesidad de reforzar la formación inicial del profesorado STEM en historia de la ciencia.

Reforzar la formación inicial del profesorado STEM en historia de la ciencia es un objetivo abordable desde múltiples ángulos. El análisis realizado ha mostrado que la historia de la ciencia no tiene un papel destacado en las materias formativas en didácticas específicas y en innovación e investigación educativa desde la mirada a los planes de estudio. Es en este punto donde puede introducirse una mejora reseñable. Se trata, asimismo, de un aspecto de gran interés a fin de evitar que el profesorado conciba la historia de la ciencia como un conjunto de conocimientos sobre conceptos pretéritos y teorías obsoletas. Por el contrario, es una poderosa herramienta didáctica para promover que el alumnado valore la ciencia como una actividad humana, colectiva, en constante construcción, fiable -aunque falible- y en diálogo continuo con el contexto en el que se desarrolla. Los planes de estudio de los futuros docentes no han de ser ajenos a ello.

Una mayor presencia de la historia de la ciencia en las materias de didácticas específicas y de innovación e investigación educativa permitirá a los futuros docentes contar con una mayor diversidad de herramientas de interés para pensar críticamente sobre los saberes científicos escolares, sobre la producción del

conocimiento científico y sobre las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad. Además, le permitirá disponer de formación suficiente para el diseño de actividades didácticas basadas en la historia de la ciencia. La historia de la ciencia también constituye una oportunidad para promover la colaboración de los docentes STEM con profesorado de otras especialidades. Asimismo, permite al profesorado valorar la importancia cultural de la ciencia, poniendo en valor el patrimonio científico que está presente en las aulas y los laboratorios de los centros educativos. Se puede así contribuir a concienciar al profesorado sobre la importancia de la conservación y el estudio del patrimonio histórico-educativo de las aulas de ciencias y sobre el papel clave activo y determinante que pueden desempeñar en dicha labor.

En este punto cabe apuntar que el propio diseño curricular del MESOB incluye una competencia general (no ligada únicamente a la formación de cada especialidad docente) que alude a la necesidad de «conocer y analizar las características históricas a la profesión docente» (Orden ECI/3858/2007, p. 3). Precisamente, la historia de la educación STEM constituye una fértil línea de investigación actual, en la frontera entre investigación educativa e investigación histórica, con múltiples potencialidades para la didáctica de las ciencias (Bertomeu Sánchez et al., 2017). Dotar al profesorado STEM de un mayor conocimiento de su historia como colectivo profesional le permite adoptar una perspectiva analítica crítica ante los problemas y desafíos actuales de su labor profesional, las metodologías didácticas o los múltiples factores que operan tras la innovación en educación (Rudolph, 2023).

El futuro profesorado STEM no solo debe conocer la historia de las disciplinas que enseña y la historia de su didáctica, también debe saber emplearlas como herramientas pedagógicas. Esto es, debe aprender a emplearlas en la reflexión sobre el conocimiento didáctico del contenido y la naturaleza de la ciencia, así como en el diseño de actividades didácticas y

proyectos interdisciplinares desde las pautas, orientaciones y líneas metodológicas avaladas por la investigación en educación STEM (por ejemplo, a través del análisis de casos históricos o biografías, el uso didáctico de controversias sociocientíficas o el enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad, *inter alia*). En definitiva, su formación en historia de la ciencia debe presentar el mismo enfoque competencial que se desea para su quehacer docente más allá del marco normativo actual.

Dicho enfoque no puede entenderse plenamente desligado de una sólida formación en contenidos propios de la historia de la ciencia, tal y como precisa el aprendizaje profundo. Por ello, promover la formación en los principales episodios y personajes de la historia de las ciencias desde las materias de complementos a la formación disciplinar, abordar el diseño de actividades didácticas que apuesten por el alto valor educativo de la historia de la ciencia en las materias de innovación educativa, adentrar al futuro profesorado en la investigación sobre historia y enseñanza de las ciencias en las materias de investigación educativa y abordar en profundidad las múltiples potencialidades didácticas de la historia de la ciencia para el aprendizaje significativo, profundo, práctico, contextualizado y crítico de la ciencia en las materias de didácticas específicas constituyen líneas de actuación notablemente favorables para una formación del futuro profesorado STEM de Enseñanza Secundaria en sintonía con las competencias profesionales necesarias para el oficio docente (Valle et al., 2023).

Desde el punto de vista normativo, las competencias específicas de la mayoría de materias STEM de ESO y Bachillerato permiten la incorporación de la historia de la ciencia como herramienta didáctica. No obstante, un mayor desglose de los contenidos de tipo histórico y una mayor presencia de los mismos contribuiría a reforzar la presencia de la historia de la ciencia en las aulas. Lejos de abordar históricamente todos los contenidos del currículo, se erige de mayor interés y proximidad a la

realidad de las aulas la selección minuciosa de ciertos episodios históricos y personajes para las distintas materias y cursos. Dicha selección no debería realizarse de espaldas a la investigación educativa que ha señalado desde hace décadas las cautelas propias para introducir la historia de la ciencia en las aulas a fin de evitar imágenes distorsionadas y discursos hagiográficos sobre la actividad científica que pueden ser contraproducentes. Atendiendo al Acceso a la Función Pública, sería muy recomendable explicitar entre los ítems valorables del desarrollo de los temas la contextualización histórica de los contenidos de los mismos, a fin de reforzar la relevancia de la historia de la ciencia para el quehacer docente del profesorado STEM de Enseñanza Secundaria.

Todas estas acciones deben realizarse en fase, primando la formación inicial del profesorado a fin de que el mismo pueda contar con las herramientas intelectuales, formativas y materiales necesarias para ello. Asimismo, no puede desatenderse la relevancia de una formación permanente del profesorado rigurosa, que puede contribuir notablemente a paliar las potenciales deficiencias iniciales en formación en historia de la ciencia, a la par que actualizar al profesorado en dicho campo, un área del saber en constante actualización a nivel internacional. En esta línea, una mayor visibilidad académica y social de los estudios histórico-sociales sobre ciencia desde las universidades y las instituciones no hará sino reforzar la formación del profesorado STEM y la interdisciplinariedad en los centros de enseñanza secundaria. Estas acciones, como todas las que exigen la mejora de la formación del profesorado, solo serán abordables de forma eficaz y realista desde una estrecha colaboración entre universidades, centros de investigación, instituciones educativas, legisladores y docentes de todas las etapas.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acevedo-Díaz, J.A., García-Carmona, A. y Aragón, M. M. (2017). Historia de la ciencia para enseñar naturaleza de la ciencia: una estrategia para la formación inicial del profesorado de ciencia. *Educación Química*, 28, 140-146. <https://doi.org/10.1016/j.eq.2016.12.003>

Aduriz Bravo, A. (2000). *La didáctica de las ciencias como disciplina*. *Enseñanza*, 17-18, 61-74.

Bogdan Toma, R. y García Carmona, A. (2021). «De STEM nos gusta todo menos STEM». Análisis crítico de una tendencia educativa de moda. *Enseñanza de las Ciencias*, 39 (1), 65-80. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3093>

Benarroch Benarroch, A. (2011). Diseño y desarrollo del Máster en Profesorado de Educación Secundaria durante su primer año de implantación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 8(1), 20-40.

Bertomeu Sánchez, J. R., Moreno Martínez, L., Muñoz Bello, R. y Pariente Silván, J. A. (2017). Historia y enseñanza de las ciencias. Nuevas perspectivas y oportunidades para la colaboración. *Enseñanza de las Ciencias*, N. Ext., 3779-3783.

Campanario, J. M. (1998). ¿Quiénes son, qué piensan y qué saben los futuros maestros y profesores de ciencias? Una revisión de estudios recientes. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 33, 121-140.

Couso, D., Mora, L. y Simarro, C. (2021). De las mates como instrumento a las mates como práctica. *Revista Uno de Didáctica de las Matemáticas*, 93, 8-14.

Decreto 64/2022, de 20 de julio, del Consejo de Gobierno, por el que se establecen para la Comunidad de Madrid la ordenación y el currículo

del Bachillerato. *Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid*, 176, de 26 de julio de 2022.

Decreto 65/2022, de 20 de julio, del Consejo de Gobierno, por el que se establecen para la Comunidad de Madrid la ordenación y el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria. *Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid*, 176, de 26 de julio de 2022.

Domènech Casal, J (2022). Mueve la lengua, que el cerebro te seguirá. *75 acciones lingüísticas para enseñar a pensar ciencias*. Graó.

Domènech Casal, J. (2024). Aprendizaje basado en proyectos para STEM. *Breve manual práctico*. Octaedro.

Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. *Boletín Oficial del Estado*, 340, de 30 de diciembre de 2020.

López-Rupérez, F., García García, I. y Expósito-Casas, E. (2021). Formación inicial y formación permanente del profesorado de Educación Secundaria en España. Un análisis territorial. Bordón. *Revista de Pedagogía*, 73(4), 65-84. <https://doi.org/10.13042/Bordon.2021.91081>

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.

Matthews, M. R. (1988). A role for history and philosophy in science teaching. *Educational Philosophy and Theory*, 20(2), 67-81.

Matthews, M. R. (1994). Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual. *Enseñanza de las Ciencias*, 12, 255-277.

Matthews, M. R. (Ed.). (2014). *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching*. Springer.

Moreno Martínez, L. (2021). El boletín Faraday (1928-29) y las relaciones entre historia y didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 39(3), 215-230. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3304>

Moreno Martínez, L. (2022). Educar en el «hábito científico»: Modesto Bargalló y la ciencia en las aulas normalistas en España (1912-1939). *Dynamis*, 42(2), 551-581. <http://dx.doi.org/10.30827/dynamis.v42i2.27722>

Moreno Martínez, L. y Calvo Pascual, M. A (2017). La historia de la química en el currículo de ESO y Bachillerato (LOE). Una revisión interdisciplinar para la investigación didáctica. *Enseñanza de las Ciencias*, 35(2), 147-160. <http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2006>

Moreno Martínez, L., De la Fuente Fernández, A. y Rodríguez-Villamil Hernández, A. (2022). Física y Química en la LOMLOE: Una mirada al nuevo currículo de ESO y Bachillerato. *Faraday. Boletín de Física y Química*, 37, 4-14.

Orden de 9 de septiembre de 1993 por la que se aprueban los temarios que han de regir en los procedimientos de ingreso, adquisición de nuevas especialidades y movilidad para determinadas especialidades de los Cuerpos de Maestros, Profesores de Enseñanza Secundaria y Profesores de Escuelas Oficiales de Idiomas, regulados por el Real Decreto 850/1993, de 4 de junio. *Boletín Oficial del Estado*, 226, de 21 de septiembre de 1993.

Orden ECI/3858/2007, de 27 de diciembre, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de las profesiones de Profesor de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanzas de Idiomas. *Boletín Oficial del Estado*, 312, 29 de diciembre de 2007.

Pérez Ruiz, A. (2018). Práctica docente y currículo: un marco de análisis constructorista. *Revista Electrónica Educare*, 22(3), 1-15.

Pinto, G. (2022). Educación STEAM: Análisis de debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades. *Anales de la Asociación Química Argentina*, 109, 114-121.

Guílez, J. (2022). El movimiento STEM en el currículum: origen, fundamentación y análisis crítico. *Anales de Química*, 118(3), 199-205.

Quílez, J. (2024). Análisis epistemológico del currículum LOMLOE de Química de la ESO de la Comunitat Valenciana. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 21(2), 3304.

Quintanilla-Gatica, M., Giovany Cabrera, H. y Zambrano, J. (2022). La historia y la filosofía de la química en la formación inicial del profesorado de química. *Educación Química*, 33(4), 192-205. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2022.4.0.81572>

Rudolph, J. (2019). *How we teach science: What's changed, and why it matters*. Harvard University Press.

Rudolph, J. (2023). *Why we teach science (and why we should)*. Oxford University Press.

Sarceda-Gorgoso, M. Carmen, Santos-González, M. C. y Rego-Agraso, L. (2020). *Las competencias docentes en la formación inicial del profesorado de Educación Secundaria. Profesorado. Revista de currículum y formación del profesorado*, 24(3), 401-421.

Urones Jambrina, C. (1998). *La introducción de la historia de la ciencia en la formación inicial de los maestros*. *Aula*, 10, 265-274.

Valle, J. M., Manso, J. y Sánchez Tarazaga, L. (2023). *Las competencias profesionales docentes*. El Modelo 9:20. Narcea.

Vilches, A. y Gil, D. (2010). Máster de Formación Inicial del Profesorado de Enseñanza Secundaria. *Algunos análisis y propuestas*. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(3), 661-666.