Formación en el Grado de Educación Primaria en las disciplinas STEM: Análisis ante su reforma en España

Training in the Primary Education Teacher Degree in STEM disciplines: Analysis before its reform in Spain

https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2023-402-596

Germán Ros Magán
https://orcid.org/0000-0001-6623-1483
Universidad de Alcalá

Iñigo Rodríguez Arteche
https://orcid.org/0000-0001-7904-6682
Universidad de Alcalá

Arántzazu Fraile Rey
https://orcid.org/0000-0002-2897-3029
Universidad de Alcalá

Julio Pastor Mendoza
https://orcid.org/0000-0003-0032-4446
Universidad de Alcalá

Resumen

La nueva Ley de Educación, conocida como LOMLOE, incluye entre otros cambios y por vez primera la competencia STEM con entidad propia. En consonancia, se propone una reforma de los planes de estudio de los Grados de Magisterio en Educación Primaria, para lo cual resulta indispensable un análisis profundo y global de dicha formación inicial. En este estudio se abordan los siguientes objetivos: *i)* comparar la distribución de créditos en las disciplinas

Recibido: 02-08-2022 Aceptado: 02-04-2023

STEM y sus didácticas; *ii)* comprobar si predominan los contenidos científico-matemáticos o los didácticos; *iii)* analizar los contenidos de Tecnología e Ingeniería; *iv)* comparar estos aspectos entre universidades públicas y privadas. Para ello, se revisan los planes de estudios de las 37 universidades públicas y 22 privadas que ofertan el Grado de Magisterio en Educación Primaria en el curso 2020-2021. Se analizan las guías docentes de las 342 asignaturas obligatorias de las disciplinas relacionadas, atendiendo a sus contenidos y a su temporalización, y se realiza un estudio descriptivo e inferencial. Los resultados muestran que las universidades públicas dedican más créditos a la formación en las disciplinas STEM, especialmente a los contenidos disciplinares de matemáticas y ciencias, existiendo una importante dispersión en los datos. En las universidades públicas, los contenidos disciplinares predominan sobre los didácticos, especialmente en ciencias. En cuanto a la tecnología, los contenidos son propios de las llamadas Tecnologías de la Información y la Comunicación, y no de la Tecnología entendida desde STEM. Por su parte, la Ingeniería y el propio enfoque global STEM están ausentes. Este análisis revela la necesidad de renovar los planes de estudio con contenidos adaptados a lo que demanda la LOMLOE, fundamentalmente, incluyendo aspectos de Tecnología e Ingeniería desde una perspectiva STEM.

Palabras clave: STEM, LOMLOE, formación inicial de maestros, ciencias, matemáticas, tecnología, ingeniería, universidades públicas, universidades privadas.

Abstract

The new Law of Education in Spain, known as LOMLOE, includes for the first time the STEM competence with its own entity, among other changes. Accordingly, a reform of the curricula of the Primary Education Teaching Degrees is proposed, for which a deep and global analysis of this initial training is essential. Thus, the objectives that guided this study included the following: *i)* to compare the distribution of credits among STEM disciplines and their didactics; *ii)* to check whether scientific-mathematical or didactic content predominates; *iii)* to analyse the contents of Technology and Engineering; and *iv)* to compare these aspects between public and private universities. To that end, the study plans of the 37 public and 22 private universities that offered the Primary Education Teaching Degree in the 2020-2021 academic year were analysed. The teaching guides of the 342 compulsory subjects of the associated disciplines were evaluated, considering their contents and their timing, and a descriptive and inferential study were carried out. The results show that public universities allocate more credits to training in STEM disciplines, especially to the disciplinary content of mathematics and science, while there is a significant dispersion in the data. In public universities there is a major focus on disciplinary content, especially in science. Regarding technology, the contents are specific to Information and Communication Technologies, and not to technology understood from the STEM

perspective. In addition, engineering and the global STEM approach itself are absent. This analysis reveals the need to renew the curricula with contents that are more adapted to what the LOMLOE demands and, above all, explicitly including aspects of technology and engineering with a STEM approach.

Keywords: STEM, LOMLOE, pre-service primary teacher training, science, mathematics, technology, engineering, public universities, private universities.

Introducción

La expansión internacional del enfoque educativo STEM (acrónimo de *Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) ha sido imparable desde su concepción en Estados Unidos en los 90. En la actualidad, su influencia está presente en las políticas educativas de todo el mundo (Belbase et al., 2021). Si bien no existe una conceptualización unívoca de STEM, Moore et al. (2014) definen la educación STEM como "un esfuerzo por combinar todas o algunas de las cuatro disciplinas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas en clases, unidades o lecciones basadas en las conexiones entre las materias y los problemas del mundo real" (p.38). Sobre esta base, existen diferentes perspectivas acerca de la integración en STEM, desde aquellas que apuestan por la fusión de todas las disciplinas a través de problemas transdisciplinares (Costantino, 2018) a otras que resaltan la singularidad de cada una de las materias –sin obviar su complementariedad epistémica– (Simarro y Couso, 2021). Además, en los últimos años también se reivindica la integración de las Artes y las Humanidades en este enfoque (que podría progresar hacia STEAM), para unificar los pensamientos convergente y divergente y promover identidades académicas y profesionales más inclusivas (Aguilera y Ortiz-Revilla, 2021).

En nuestro país, el informe prospectivo titulado "España 2050" (Ministerio de la Presidencia, 2021) destaca la importancia de una mayor formación en las áreas STEM. En esta línea, la nueva Ley de Educación, recientemente aprobada y conocida como LOMLOE, introduce por vez primera la competencia STEM (competencia matemática y competencia en ciencia, tecnología e ingeniería), que "entraña la comprensión del mundo utilizando los métodos científicos, el pensamiento y representación matemáticos, la tecnología y los métodos de la ingeniería para transformar el entorno de

forma comprometida, responsable y sostenible" (Real Decreto 157/2022, p.24406). Además, esta competencia clave se asocia a cinco descriptores operativos, tanto en Educación Primaria como en Educación Secundaria.

Con la llegada de este nuevo marco legal, el propio Ministerio de Educación y Formación Profesional propone revisar las titulaciones que habilitan para el desempeño de la función docente (MEFP, 2022a), basándose en el papel clave de la práctica docente para contribuir a la alfabetización científica. Por ello, si se pretende mejorar la formación de maestros/as para el desarrollo de la competencia STEM, es necesario realizar un análisis previo de la formación inicial en las diversas disciplinas STEM en los Grados de Magisterio en Educación Primaria. Existen varios estudios a nivel de cada disciplina, pero no se ha realizado un análisis conjunto como el que pretende abordar este trabajo.

Asimismo, un análisis que se precie debe incluir la universidad privada, puesto que representa a un alto porcentaje del alumnado en España, en concreto, el 26.6% en el curso 2020/21 (MEFP, 2022b). Estudios previos que han analizado los planes de estudios globales, esto es, el reparto de créditos entre las materias de formación básica, disciplinar y didáctica, prácticas externas y trabajo fin de grado, no han encontrado diferencias significativas con las universidades públicas (Sánchez-Urán, 2019). Ahora bien, cada universidad decide cómo reparte los créditos de cada módulo en las diferentes asignaturas y qué contenidos incluye. Esto ha suscitado críticas, pues en ocasiones estas decisiones se basan en la trayectoria de cada facultad o en los intereses de los departamentos, más que en el beneficio del alumnado (Imbernón y Colén, 2014). Además, 30 de los 240 ECTS del total del Grado son de libre designación y normalmente se dedican a la optatividad y a las menciones.

Formación en las disciplinas STEM

El estudio "Teacher Education and Development Study in Mathematics" (INEE, 2012) constataba una falta de conocimientos y competencias matemáticas en el alumnado de Magisterio, que puede provocar una falta de confianza, motivación, sentido de utilidad y agrado hacia esta disciplina (Nortes Checa y Nortes Martínez-Artero, 2013). Estas carencias se atribuyen en parte a deficiencias en su formación previa y, como posible causa, se alude a un exceso de énfasis en el pensamiento operacional (Socas, 2011). Desde la didáctica de las ciencias las conclusiones son similares. Así, diversos autores

Recibido: 02-08-2022 Aceptado: 02-04-2023

a nivel nacional (Martínez-Borreguero et al., 2022) e internacional (Appleton, 2003) han comprobado que, frecuentemente, el futuro profesorado de Educación Primaria presenta un conocimiento científico inadecuado, con concepciones alternativas similares a las del alumnado en edad escolar y una comprensión rígida de la ciencia, que dificulta la exploración y las actitudes positivas hacia la misma (Porlán et al., 2010).

Por otro lado, existe un amplio consenso sobre lo indispensable de un adecuado conocimiento didáctico del contenido (CDC), tanto en Ciencias como en Matemáticas, por tratarse de un elemento genuino de la práctica orientado a representar o transformar el conocimiento disciplinar para que el alumnado lo comprenda (Shulman, 1987). En ambos casos, se asume que el CDC incluye el conocimiento de los currículos, de la comprensión de estas disciplinas por parte de los estudiantes, de estrategias de enseñanza y de la evaluación, así como las orientaciones hacia la enseñanza de estas materias (Cortés et al., 2012; Naya-Riveiro et al., 2021). En Matemáticas, autores nacionales y extranjeros (Cardetti y Truxaw, 2014; Naya-Riveiro et al., 2021) apuntan a carencias en la formación universitaria en el conocimiento matemático para enseñar. Tampoco en Ciencias la situación es halagüeña. Cañal (2008) y Toma et al. (2017) analizaron el diseño de unidades didácticas de enfoque indagativo por parte de futuros maestros y maestras, detectando sus dificultades para integrar el conocimiento conceptual con el procedimental, promover la reflexión del alumnado y proporcionar un andamiaje adecuado.

Aunque existe un amplio reconocimiento sobre la necesidad de mejorar el conocimiento científico-matemático y didáctico de los futuros docentes, no hay consenso acerca de si el componente didáctico debe ser posterior al conocimiento conceptual per se o si ambos deben tratarse simultáneamente (Amat et al., 2022). De hecho, se detectan tensiones entre un enfoque que podríamos denominar más científico y otro más didáctico, y dudas sobre la manera de aunar ambos (García-Barros, 2016). Por una parte, las carencias de conocimiento conceptual son un obstáculo para abordar la construcción del CDC (Cañal, 2008; Martínez-Borreguero et al., 2022) y, por otra, un tratamiento aislado o consecutivo de los dos enfoques dificulta su integración y conlleva el riesgo de que el futuro profesorado reproduzca modelos docentes alejados del socioconstructivismo, donde los contenidos no se articulan en situaciones de aprendizaje conectadas a las ideas y a la cultura del alumnado (García-Barros, 2016; Porlán et al., 2010).

Igualmente, la carga docente relativa entre el conocimiento disciplinar y el didáctico de los planes de estudio también es objeto de debate. Así, analizando la regulación vigente de los estudios de Magisterio en Educación Primaria, Pro-Bueno et al. (2022) indican que "parece que el legislador ha puesto más énfasis en el aprendizaje de los conocimientos científicos", y añaden que "admitiendo su importancia, la propuesta curricular es manifiestamente mejorable ya que prioriza qué debe saber un docente sobre la ciencia frente al cómo enseñarla" (p.192). Desde nuestra perspectiva, esta misma conclusión se obtiene si se analizan las competencias matemáticas que dicha orden establece para los futuros docentes. En esta línea, los docentes de Educación Primaria en ejercicio demandan en mayor medida la formación didáctico-pedagógica que la estrictamente disciplinar (Manso y Garrido-Martos, 2021), a pesar de los problemas ya mencionados sobre su formación científico-matemática.

Respecto a las otras dos disciplinas STEM, la Tecnología y la Ingeniería, el debate también está abierto. El concepto de Tecnología en sí mismo y su diferencia con la Ingeniería es compleja (Cavanagh y Trotter, 2008) y diferente en diversos países (Yata et al., 2020). Incluso, existen autores que sugieren que están tan unidas que conviene enseñarlas de forma conjunta (Barak, 2013). Sin embargo, existe un consenso general acerca de que la Ingeniería en STEM debe centrarse en la resolución de problemas relacionados con situaciones reales, explorando soluciones, desarrollando prototipos y testando su viabilidad, enfocándose en los procesos y productos creados (Simarro y Couso, 2021). De hecho, se han propuesto diversas metodologías que siguen este esquema como son *Design-based Learning* y *Design Thinking*.

Por otra parte, la Tecnología en STEM se entiende como el conjunto de herramientas, a menudo digitales, que se utilizan durante las prácticas científicas, matemáticas o de ingeniería, o bien como el producto desarrollado en dichos procesos. En esta línea, para diversos autores la Tecnología no debería estar incluida en el acrónimo en pie de igualdad con la Ciencia, las Matemáticas y la Ingeniería al no ser una disciplina en sí misma (McComas y Burgin, 2020). Por otro lado, la Tecnología no es solo propia de STEM, sino también de las ciencias sociales, las artes o los oficios técnicos (Costantino, 2018). Teniendo presente esta complejidad, en este estudio también se analiza la presencia de la Ingeniería y la Tecnología en los planes de estudio de Magisterio en Educación Primaria y si realmente están alineadas con su concepción en el ámbito STEM.

Recibido: 02-08-2022 Aceptado: 02-04-2023

Preguntas de investigación

Como elemento útil de debate para las modificaciones de los planes de estudio en el contexto propiciado por la LOMLOE, en este trabajo se analiza la formación inicial del profesorado de primaria en las distintas disciplinas STEM. En concreto, se abordan las siguientes preguntas de investigación referentes a la formación obligatoria del Grado de Magisterio en Educación Primaria:

P.1. ¿Cuántos créditos ECTS se destinan a las áreas y disciplinas científico-matemáticas?
P.2. ¿Qué contenidos predominan, los científico-matemáticos o los didácticos?
P.3. ¿La Tecnología y la Ingeniería se abordan desde una concepción del ámbito STEM?
P.4. ¿Existen diferencias en los créditos y en los contenidos abordados entre las universidades públicas y privadas?

Conocer los enfoques y la temporalización asignada a estas áreas y disciplinas favorecerá la reflexión para articular planes de estudio que contribuyan a la formación docente en STEM.

Método

Se plantea un estudio estadístico de corte transversal a partir de los datos recogidos de los planes de estudios de las universidades españolas.

Muestra

La muestra del estudio comprende el diseño del Grado de Magisterio en Educación Primaria de las 37 universidades públicas y 22 universidades privadas que lo ofertan en el curso 2020-2021 en España.

Los planes de estudio se revisan a través de la información disponible en las páginas web de las universidades. Para este trabajo, se seleccionan todas las asignaturas de carácter obligatorio con contenidos propios de

las disciplinas STEM. Dicha selección consta de 342 asignaturas, 225 de universidades públicas y 117 de privadas.

Seguidamente, se analizan las guías docentes de dichas asignaturas, que incluyen información sobre los objetivos, contenidos, competencias, metodología, temporalización y evaluación.

Procedimiento

Para responder las *dos primeras preguntas de investigación*, se identifican los contenidos y la temporalización de las asignaturas de la muestra, a partir de las guías docentes. Los contenidos se clasifican, según la división más frecuente, en: Matemáticas, Física, Química, Biología, Geología, Didáctica de las Matemáticas y Didáctica de las Ciencias.

Para el cómputo de los créditos destinados a los contenidos, se considera la temporalización indicada en las guías docentes. En caso de que no se identifique de forma explícita, los créditos se reparten de manera proporcional al número de descriptores de contenidos.

Existen asignaturas enteramente dedicadas a los contenidos matemáticos o científicos (compartiendo más de una disciplina científica en ocasiones), asignaturas totalmente dedicadas a sus didácticas (currículum, epistemología, metodologías y estrategias, recursos, evaluación, etc.), y asignaturas mixtas, en cuyo caso el cómputo de créditos responde a las directrices anteriores. Algunas asignaturas de corte didáctico recurren a ciertos conceptos y modelos científico-matemáticos, pero el fin último es ilustrar planteamientos metodológicos o didácticos. En este caso, los créditos se asignan como tiempo dedicado a la didáctica.

Existen algunos contenidos cuya asignación a una cierta disciplina no siempre es evidente. En estos casos, se opta por seguir un criterio coherente con el currículo escolar. Por ejemplo, los contenidos específicos de Astronomía (Universo, Sistema Solar, Luna, etc.) se descartan del análisis, puesto que en Educación Primaria se engloban dentro de las Ciencias Sociales y, por ello, en muchas universidades se incluyen en asignaturas del área de Geografía, disciplina que queda fuera de este análisis y de las disciplinas STEM. En cuanto a los contenidos sobre nutrición y salud, que sí se vinculan a Ciencias de la Naturaleza en Educación Primaria, se asignan a Biología por considerarse la disciplina más afín de las establecidas para el análisis.

Recibido: 02-08-2022 Aceptado: 02-04-2023

La asignación de créditos la realizan, de manera independiente, dos integrantes del equipo de investigación. Las discrepancias se discuten y resuelven por acuerdo, con intermediación de un tercer investigador. Finalmente, los resultados se presentan a través de parámetros de estadística descriptiva.

Para analizar la diferencia en los créditos asignados a los contenidos disciplinares y a los didácticos en cada universidad, se define el parámetro ε, tanto para matemáticas (ε_M) como para ciencias (ε_C), como:

$$\varepsilon = \frac{CR_{DID} - CR_{DIS}}{CR_{DID} + CR_{DIS}} \quad (1)$$

Así, ε representa la diferencia relativa entre los créditos dedicados a la didáctica (CR_{DID}) y a los contenidos disciplinares (CR_{DIS}). En particular, $\varepsilon = 0$ representa el caso de un reparto equitativo entre ambos, $\varepsilon > 0$ implica más dedicación a la didáctica y $\varepsilon < 0$ a los contenidos disciplinares. Los valores extremos se asocian a universidades que dedican toda su asignación en créditos a los contenidos didácticos ($\varepsilon = 1$) o a los disciplinares ($\varepsilon = -1$). Además, se realiza un análisis clúster sobre estos parámetros para estudiar la posible existencia de grupos de universidades según la prevalencia de los contenidos más disciplinares o más didácticos. Este análisis busca grupos lo más homogéneos entre sí y a la vez diferentes entre ellos que sea posible. Para ello se prueban varios algoritmos de distancias y métodos de formación de grupos, para seleccionar aquellos que permiten crear grupos con sentido para la investigación. En concreto, se ha elegido el método de distancias euclídeas y el agrupamiento mediante el algoritmo *Cutree* (R Core Team, 2018).

Para abordar *la tercera pregunta de investigación*, se revisan y computan los contenidos de las guías docentes de las asignaturas obligatorias dedicadas específicamente a la Tecnología, analizando su coherencia con un enfoque STEM (Moore et al., 2014). Además, se ha revisado si en el global del plan de estudios existen referencias explícitas a STEM y a contenidos específicos de Ingeniería (Simarro y Couso, 2021).

Por último, para responder la *cuarta pregunta de investigación*, de carácter transversal, y realizar una comparativa entre universidades públicas y privadas, se lleva a cabo la prueba no paramétrica *U* de Mann-Whitney para determinar si existen diferencias estadísticamente

significativas ($p < 0.05$) en la distribución de los créditos. Esta elección se fundamenta en la aplicación previa del test de Shapiro-Wilk, que permite descartar la normalidad de las distribuciones.

Para todas las preguntas de investigación, el cálculo de los parámetros estadísticos, el análisis clúster y los test de hipótesis se llevan a cabo a través del software libre R (R Core Team, 2018).

Resultados

Los resultados se presentan en tres apartados concordantes con las tres primeras preguntas de investigación. La última pregunta se aborda de forma transversal en todos ellos.

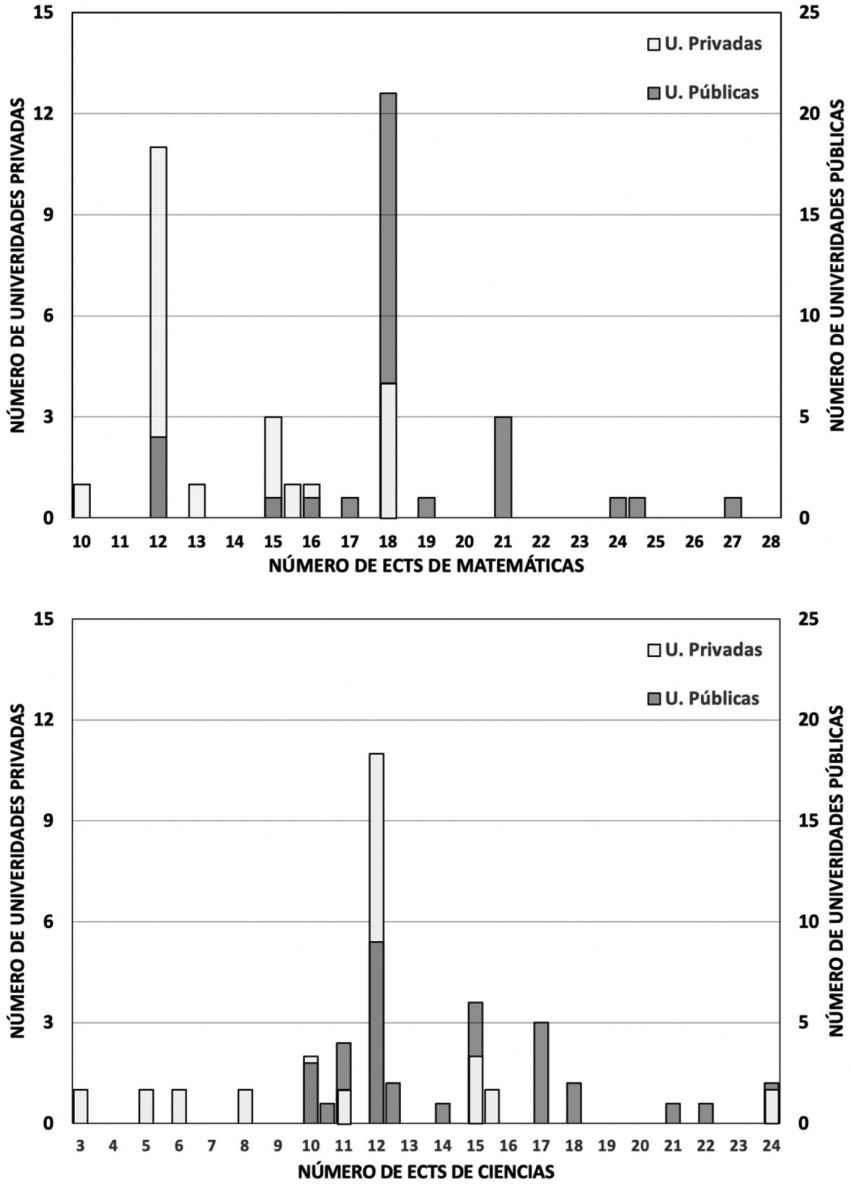
Distribución de créditos en las disciplinas científico-matemáticas

Los créditos ECTS totales dedicados a Matemáticas y Ciencias en los planes de estudios (incluyendo sus contenidos disciplinares y didácticos) se muestran en el Gráfico I, y los estadísticos descriptivos en la Tabla I. En primer lugar, resulta llamativa la dispersión de los resultados, con universidades que dedican poco más de 10 créditos a Matemáticas y 5 a Ciencias, y otras que llegan a dedicar hasta 25 créditos a cada una ellas. Esta dispersión es mayor en Ciencias que en Matemáticas ($\sigma = 4.2$ frente a $\sigma = 3.6$). En segundo lugar, la diferencia entre universidades es significativa, con un 31.9% más de créditos en Matemáticas ($U = 694.0$, $p = 2.40e\text{-}06$) y un 24.1% en Ciencias ($U = 559.5$, $p = 0.0149$) en las universidades públicas.

A continuación, el Gráfico II recoge los créditos ECTS destinados a los contenidos disciplinares y a los didácticos en ambos tipos de universidades. Se obtiene una diferencia estadísticamente significativa en los créditos disciplinares de Matemáticas ($U = 681.5$, $p = 1.04e\text{-}05$) y, aunque relevante, no significativa en los de Ciencias ($U = 531.5$, $p = 0.0510$), a favor de las universidades públicas. Por tanto, se constata que la diferencia fundamental entre universidades se debe a la diferencia de tiempo destinado a los contenidos disciplinares. En relación con los ECTS dedicados a la didáctica, la diferencia entre tipos de universidades no es significativa.

Recibido: 02-08-2022 Aceptado: 02-04-2023

GRÁFICO I. Distribución de créditos ECTS dedicados a Matemáticas (arriba) y a Ciencias (abajo), incluyendo sus contenidos disciplinares y didácticos, en las universidades públicas y privadas



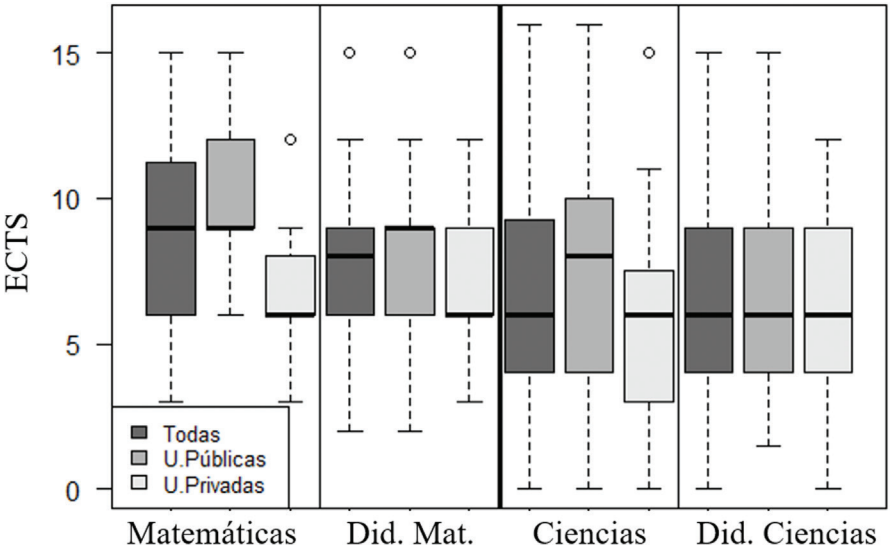
Fuente: elaboración propia a partir de los planes de estudio..

TABLA I. Créditos ECTS dedicados a Matemáticas y a Ciencias, incluyendo sus contenidos disciplinares y didácticos

	UNIVERSIDADES PÚBLICAS		UNIVERSIDADES PRIVADAS		TODAS LAS UNIVERSIDADES	
	Media	**Desviación estándar**	**Media**	**Desviación estándar**	**Media**	**Desviación estándar**
Matemáticas	18.2	3.2	13.8	2.5	16.6	3.6
Ciencias	14.4	3.8	11.6	4.1	13.4	4.2
Matemáticas + Ciencias	32.6	4.6	25.4	5.9	29.9	6.2

Fuente: elaboración propia a partir de los planes de estudio.

GRÁFICO II. Créditos ECTS dedicados a contenidos de Matemáticas, Ciencias (engloba Biología, Física, Química y Geología) y sus respectivas Didácticas, en las universidades públicas y privadas

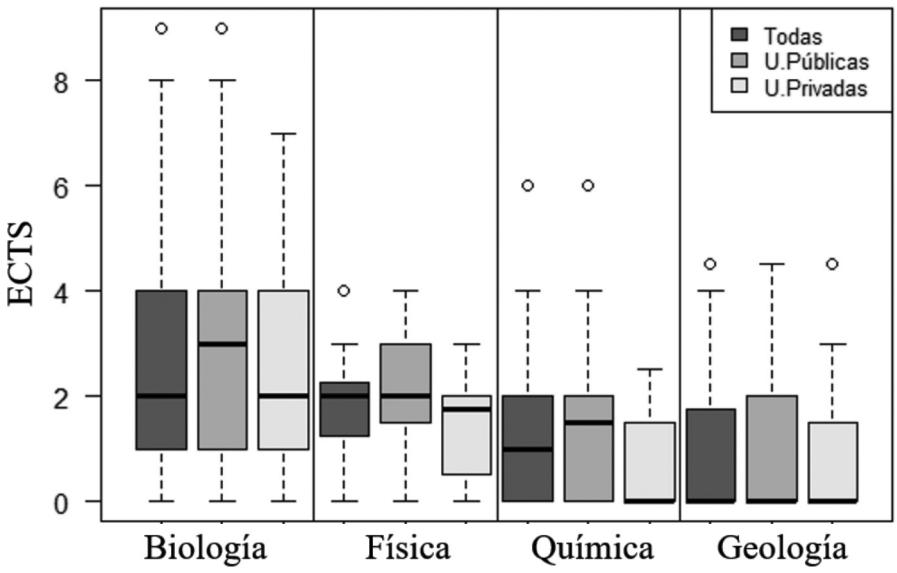


Fuente: elaboración propia a partir de las guías docentes.

Por último, el Gráfico III muestra los resultados por separado para los contenidos disciplinares sobre Biología, Física, Química y Geología. La diferencia es evidente, con el máximo peso para la Biología, después Física

y bastante reducido para Química y Geología. Esta gradación es coherente con el peso de estas disciplinas en el currículo de Educación Primaria. La diferencia entre tipos de universidades queda de nuevo patente, con mayor carga lectiva en las públicas. Por otro lado, resulta destacable que, al menos, el 50% de universidades tanto públicas como privadas no dediquen nada de tiempo a la Geología, y tampoco a la Química en el caso de las privadas. No se obtienen diferencias significativas entre tipos de universidades en ninguna disciplina.

GRÁFICO III. Créditos ECTS dedicados a Biología, Física, Química y Geología en las universidades públicas y privadas



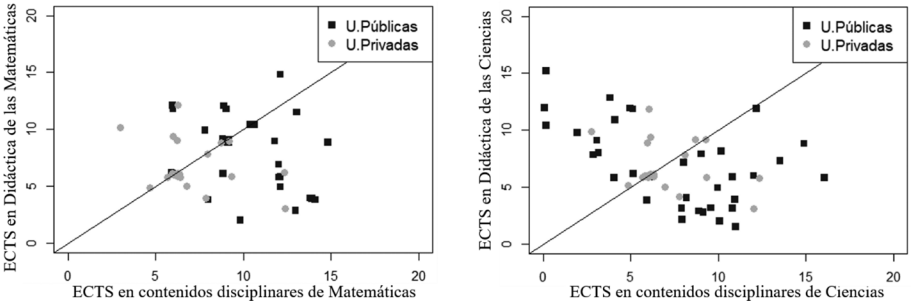
Fuente: elaboración propia a partir de las guías docentes.

Formación científico-matemática frente a formación didáctica

Primeramente, se analiza el número de créditos que dedica cada universidad a los contenidos disciplinares científico-matemáticos y a los didácticos. El Gráfico IV muestra por separado Matemáticas y Ciencias; la recta representa

un reparto equitativo entre ambos contenidos, quedando por encima las universidades con más créditos de didáctica y por debajo aquellas con más créditos disciplinares. De nuevo, puede constatarse una gran dispersión, mayor en Ciencias, en las cargas lectivas de las universidades. Al comparar los créditos disciplinares con los didácticos, en las universidades públicas se obtiene una diferencia estadísticamente significativa en Matemáticas (U = 930.0, p = 0.0062), con predominio de los contenidos disciplinares, aunque no en Ciencias (U = 740.0, p = 0.5506). En las universidades privadas no hay diferencias significativas entre ambos dominios.

GRÁFICO IV. Créditos ECTS dedicados en cada universidad a los contenidos didácticos frente a los disciplinares, en Matemáticas (izquierda) y Ciencias (derecha)



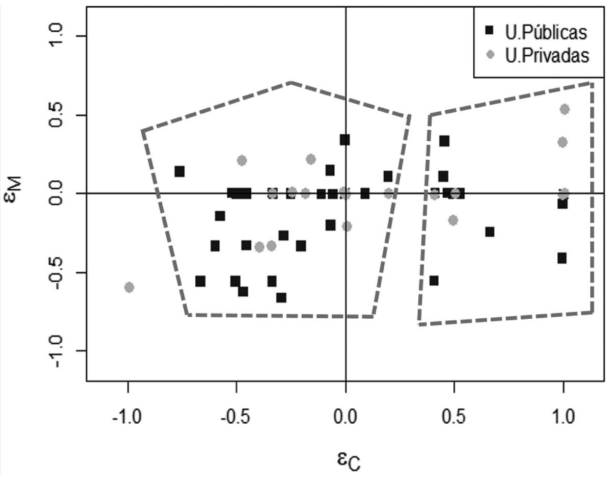
Fuente: elaboración propia a partir de las guías docentes.

Para presentar conjuntamente el carácter formativo dominante en cada universidad, el Gráfico V muestra los resultados del parámetro ε para Matemáticas y Ciencias, y la Tabla II cómo se distribuyen sus valores. En Matemáticas no existen casos extremos con 0 ECTS para unos u otros contenidos, siendo la situación mayoritaria en ambos tipos de universidades la de repartir equitativamente los contenidos disciplinares y los didácticos ($\varepsilon_M = 0$), aunque hay muchas públicas donde domina el enfoque más disciplinar ($\varepsilon_M < 0$). Por otro lado, en Ciencias sí existen tendencias más enfrentadas, ya que la mayoría de universidades se decantan más por un enfoque que por otro, siendo dominante el centrado en contenidos disciplinares ($\varepsilon_C < 0$). Destaca el caso de la Universitat Abat Oliba CEU, donde la formación se orienta totalmente

Recibido: 02-08-2022 Aceptado: 02-04-2023

a los contenidos disciplinares ($\varepsilon_C = -1$), y otros donde la formación se centra completamente en la didáctica (Alfonso X el Sabio, Autònoma de Barcelona, La Laguna, Mondragón, Oberta de Catalunya, Vic y Zaragoza, $\varepsilon_C = 1$). Aquí cabe aclarar que este planteamiento no implica que no se traten contenidos disciplinares en las asignaturas, pudiéndose abordar desde el prisma de su enseñanza (modelos escolares, evolución de ideas previas, diseño de actividades de indagación, etc.).

GRÁFICO V. Parámetro ε para Matemáticas y Ciencias de las universidades analizadas. Se indican los grupos identificados en el análisis clúster



Fuente: elaboración propia.

TABLA II. Distribución de los valores del parámetro ε para Matemáticas y Ciencias en las universidades analizadas

	MATEMÁTICAS (ε_M)			**CIENCIAS (ε_C)**		
	<0	**0**	**>0**	**<0**	**0**	**>0**
Universidades Públicas	15 (40.5%)	16 (43.2%)	6 (16.2%)	21 (56.8%)	3 (8.1%)	13 (35.1%)
Universidades Privadas	5 (22.7%)	13 (59.1%)	4 (18.2%)	8 (36.4%)	6 (27.3%)	8 (36.4%)

Fuente: elaboración propia.

El Gráfico V también muestra el análisis clúster. La muestra se divide en dos grandes grupos: $\varepsilon_C < 0.3$, con 26 universidades públicas y 14 privadas (70.3% y 63.6%, respectivamente) y $\varepsilon_C > 0.3$, con 11 universidades públicas y 7 privadas (29.7% y 31.8%, respectivamente). Como tercer grupo aparece la Universitat Abat Oliba CEU por separado, por la razón antes indicada. Así, se observa que el criterio que permite diferenciar el perfil de las universidades es el del modelo asumido para la formación en Ciencias y su Didáctica (eje horizontal), y no tanto el de Matemáticas y su Didáctica (eje vertical). Una mayoría otorga gran relevancia a la formación explícita sobre contenidos disciplinares de ciencias, pero otro grupo –menos numeroso– propone articular la formación docente en torno a su didáctica.

Para complementar esta visión, la Tabla III distribuye las 298 asignaturas de Matemáticas y Ciencias según se trabajen contenidos disciplinares, didácticos o ambos. Así, se observa que en las universidades públicas el enfoque mixto es el mayoritario en ambas disciplinas, siendo la situación más variada en las universidades privadas.

TABLA III. Asignaturas que tienen un enfoque solo centrado en contenidos disciplinares, solo en didácticos o mixtos

	MATEMÁTICAS			**CIENCIAS**		
	Contenidos disciplinares	**Contenidos mixtos**	**Contenidos didácticos**	**Contenidos disciplinares**	**Contenidos mixtos**	**Contenidos didácticos**
Universidades Públicas	18 (16.8%)	74 (69.2%)	15 (14.0%)	21 (22.8%)	43 (46.7%)	28 (30.4%)
Universidades Privadas	14 (26.4%)	23 (43.4%)	16 (30.2%)	15 (32.6%)	13 (28.3%)	18 (39.1%)

Fuente: elaboración propia a partir de las guías docentes.

Un último aspecto de interés es si la formación disciplinar es anterior, comienza en el mismo curso que la didáctica o es posterior a esta. La Tabla IV muestra los resultados, descartando las universidades ya mencionadas que solo imparten contenidos disciplinares o didácticos en el caso de Ciencias. Tanto en Matemáticas como en Ciencias, en casi ninguna universidad la didáctica precede a los contenidos disciplinares,

Recibido: 02-08-2022 Aceptado: 02-04-2023

siendo mayoritaria la situación en que ambas comienzan a impartirse en un mismo curso.

TABLA IV. Distribución de las universidades atendiendo a si la formación disciplinar es anterior (G1), comienza en el mismo curso (G2) o es posterior (G3) a la didáctica

	MATEMÁTICAS			CIENCIAS		
	G1	**G2**	**G3**	**G1**	**G2**	**G3**
Universidades Públicas	14 (37.8%)	22 (59.5%)	1 (2.7%)	10 (27.0%)	22 (59.5%)	2 (5.4%)
Universidades Privadas	9 (40.9%)	13 (59.1%)	0 (0.0%)	10 (45.5%)	8 (36.4%)	0 (0.0%)

Fuente: elaboración propia a partir de los planes de estudio.

Finalmente, el Gráfico VI muestra la distribución a lo largo de los cursos del Grado de las asignaturas de Ciencias y Matemáticas. Se observa que buena parte de ellas se concentran en 2º y 3º. La oferta en 1º (donde se concentra el módulo de formación básica) y en 4º (destinado en gran parte a la optatividad) es menor. No se encuentran diferencias relevantes entre tipos de universidades en esta parte del análisis.

Tecnología e Ingeniería en el Grado de Magisterio en Educación Primaria

Del total de 59 universidades analizadas, en 44 de ellas existe una asignatura obligatoria específica cuyo título o contenidos mayoritarios se asocian a la Tecnología. Casi siempre son asignaturas de 6 créditos ECTS (88.6%). Su distribución temporal es: 28 (63.6%) se cursan en primero, 13 (29.5%) en segundo y 3 (6.8%) en tercer o cuarto curso.

Para analizar el papel de la Tecnología en estos Grados, se han revisado los contenidos declarados en las guías docentes de estas 44 asignaturas. Aquí no se han encontrado diferencias relevantes entre universidades públicas y privadas, por lo que los resultados se muestran agrupados.

Según refleja la Tabla V, destacan muy especialmente los contenidos relacionados con la búsqueda de información y el uso de recursos en internet, así como los orientados al diseño de actividades. Además, se

Recibido: 02-08-2022 Aceptado: 02-04-2023

GRÁFICO VI. Distribución de las universidades respecto al curso en el que comienzan (vertical) y finalizan (horizontal) a impartirse los contenidos de las disciplinas indicadas

UNIVERSIDADES PÚBLICAS				
Matemáticas				
Curso	**1º**	**2º**	**3º**	**4º**
1º	2	6	7	1
2º		3	10	8
3º			0	0
4º				0
Didáctica de las Matemáticas				
Curso	**1º**	**2º**	**3º**	**4º**
1º	0	1	6	2
2º		3	12	6
3º			3	3
4º				1
Ciencias				
Curso	**1º**	**2º**	**3º**	**4º**
1º	2	1	1	0
2º		9	7	1
3º			7	6
4º				0
Didáctica de las Ciencias				
Curso	**1º**	**2º**	**3º**	**4º**
1º	0	0	1	0
2º		2	9	5
3º			12	6
4º				2

UNIVERSIDADES PRIVADAS				
Matemáticas				
Curso	**1º**	**2º**	**3º**	**4º**
1º	3	1	1	1
2º		9	4	0
3º			1	2
4º				0
Didáctica de las Matemáticas				
Curso	**1º**	**2º**	**3º**	**4º**
1º	0	1	0	1
2º		6	5	0
3º			7	1
4º				1
Ciencias				
Curso	**1º**	**2º**	**3º**	**4º**
1º	3	1	0	0
2º		3	3	0
3º			6	2
4º				0
Didáctica de las Ciencias				
Curso	**1º**	**2º**	**3º**	**4º**
1º	0	0	0	0
2º		2	4	0
3º			9	3
4º				3

Fuente: elaboración propia a partir de los planes de estudio.

abordan diversas herramientas (vídeos, realidad virtual, videojuegos, simulaciones, laboratorios virtuales, etc.), a veces en relación con algunas metodologías activas (indagación, aprendizaje basado en proyectos, gamificación, etc.) o con enfoques integradores (como Ciencia, Tecnología y Sociedad, CTS).

TABLA V. Frecuencia de los contenidos declarados en las guías docentes de las asignaturas dedicadas a la Tecnología

Contenidos	Frecuencia		Contenidos	Frecuencia
Internet	44 (100.0%)		CTS	9 (20.5%)
Recursos Web	43 (97.8%)		SCORM	9 (20.5%)
Metodologías	24 (55.5%)		Programación	7 (15.9%)
Diseño de Actividades	20 (45.5%)		Realidad Virtual	6 (13.6%)
Currículo	15 (34.1%)		Robótica	5 (11.3%)
Vídeos	12 (27.3%)		Videojuegos	4 (9.1%)
Epistemología	11 (25.0%)		Laboratorios virtuales	3 (6.8%)
EVA	11 (25.0%)		Scratch	2 (4.5%)
Evaluación	10 (22.7%)		Simulaciones	2 (4.5%)

Fuente: elaboración propia a partir de las guías docentes.

También aparecen de forma relevante los entornos virtuales de aprendizaje (EVA) y conceptos de e-Learning (como SCORM, acrónimo de *Shareable Content Object Reference Model*, un estándar para uniformizar contenidos de aprendizaje virtual). De aquí podemos concluir que el propio concepto de Tecnología que puede adquirir el futuro profesorado está muy ligado al de las llamadas Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), aunque empiezan a abrirse paso algunos elementos novedosos relacionados con la digitalización.

Finalmente, la Tabla V incluye, aunque de forma minoritaria, contenidos más ligados a la Tecnología en STEM, como la robótica o la programación. Estos contenidos aparecen de forma similar en universidades públicas, como las de A Coruña, Girona, Illes Balears o Rey Juan Carlos, y otras privadas, como la Ramón Llull, la Internacional de Catalunya o la de Vic. Cabe destacar el caso único de la Universidad Europea de Madrid, donde existe una asignatura de 4 ECTS denominada "Introducción a la Programación".

En relación con la Ingeniería, en las asignaturas obligatorias analizadas no se han encontrado referencias a sus descriptores, como el diseño de ingeniería, la creación de prototipos o el pensamiento computacional (solo aparece en la asignatura ya mencionada de la Universidad Europea), ni tampoco a metodologías específicas como *Design-based Learning* o

Design Thinking. Así pues, resulta evidente que esta disciplina queda fuera de la formación obligatoria de los futuros docentes.

Por último, cabe resaltar que, sorprendentemente, solo se han encontrado referencias a STEM o STEAM en las guías docentes de dos universidades privadas: Internacional de La Rioja y Mondragón. De hecho, en esta última hay una asignatura titulada "STEAM en Educación Primaria", aunque parece incluir en ella contenidos propios de la didáctica de la lengua y las matemáticas y el uso de herramientas tecnológicas asociadas.

Discusión

En este estudio se pretende abordar el análisis de la formación en STEM en los Grados de Magisterio en Educación Primaria de España (en términos de temporalización y enfoques) como elemento de debate sobre su pertinencia para alcanzar los objetivos de la educación STEM. En primer lugar, se ha constatado que no existe una formación STEM entendida de forma global (Moore et al., 2014). No existen asignaturas obligatorias que trabajen este enfoque, y desde las guías docentes de las materias de Ciencias, Matemáticas y Tecnología tampoco se hace mención al mismo, con contadas excepciones. Este resultado contradice los fines de la LOMLOE y resulta sorprendente, dada la ubicuidad del acrónimo en la literatura especializada (Toma y García-Carmona, 2021), y refleja la lentitud o las resistencias para transferir a las aulas –también a las universitarias– los resultados de la investigación didáctica (Carr et al., 2012).

Realizando un análisis desde cada disciplina, los resultados son similares en Matemáticas y Ciencias en cuanto a sus aspectos más relevantes. Así, se comprueba que existe una gran dispersión en los créditos ECTS destinados a estas disciplinas, que concuerdan con otros estudios sobre universidades públicas (Castro-Rodríguez y Montoro, 2021; García-Barros, 2016; Naya-Riveiro et al., 2021) y privadas (Nolla et al., 2021). Además, se ha encontrado que la diferencia entre tipos de universidades se debe esencialmente al menor peso de los contenidos disciplinares en las universidades privadas, y no tanto a los contenidos didácticos. En general, estos valores se encuentran por debajo de las recomendaciones del Libro Blanco del título de Grado en Magisterio

Recibido: 02-08-2022 Aceptado: 02-04-2023

(ANECA, 2005, p.201), que sugiere un mínimo de 20 ECTS para Matemáticas (Naya-Riveiro et al., 2021) y una carga lectiva superior a las obtenidas para Ciencias. De hecho, esta escasa formación se asocia a la falta de confianza y la inseguridad del profesorado de Educación Primaria respecto a la enseñanza de estas disciplinas (García-Ruiz y Sánchez, 2006; Jarvis y Pell, 2004).

Otro elemento de debate en las reformas de los Grados será el reparto de créditos entre las disciplinas científicas, máxime cuando esa carga puede repartirse entre diferentes departamentos. Aquí se ha observado que los contenidos de las guías docentes reflejan un reparto coherente con la presencia de estas disciplinas en el currículo de Educación Primaria, con mayor peso para la Biología y, después, para la Física. Por otro lado, hay una escasa presencia de la Geología y, especialmente en las universidades privadas, de la Química. En García-Barros (2016) se pueden consultar los contenidos científicos que se abordan en cada disciplina.

Otra decisión importante atañe a una formación más enfocada en los contenidos disciplinares o en los didácticos. Se ha comprobado que en la mayoría de las universidades existe un reparto equitativo entre ambos dominios en Matemáticas, pero, cuando esto no ocurre, casi siempre es por un exceso de contenidos disciplinares, mucho más acusado en las universidades públicas. El resultado es similar al de otros trabajos (Naya-Riveiro et al., 2021), aunque este estudio presenta el matiz diferenciador de identificar los contenidos específicos y su temporalización en ECTS. En Ciencias, las universidades públicas parecen más polarizadas entre ambos dominios, con predominancia de los contenidos disciplinares. En las privadas, el equilibrio es mayor. Al respecto, Cortés et al. (2012) comprobaron que, al iniciar su formación, los estudiantes de magisterio otorgan mayor relevancia a los contenidos disciplinares; no obstante, al avanzar en el Grado (y realizar los Prácticum), la valoración de los contenidos didácticos aumenta.

Más allá de los contenidos, existe una rica controversia entre aquellos que promueven que los contenidos disciplinares y didácticos se aborden de forma consecutiva o simultánea. Por un lado, se argumenta que una deficiente formación disciplinar puede obstruir la construcción del CDC (Cañal, 2008; Martínez-Borreguero et al., 2022) y que no se aborde suficientemente la relevancia de las ideas previas y errores conceptuales del alumnado (Porlán et al., 2010).

Sin embargo, los planteamientos consecutivos pueden dificultar la integración de ambos dominios (García-Barros, 2016) y el diseño de situaciones de aprendizaje contextualizadas que movilicen saberes básicos y permitan adoptar futuros roles docentes, fomentando la metacognición (Dignath y Büttner, 2008). En este estudio, se encuentra que la presencia de asignaturas donde ambos contenidos se imparten de forma interrelacionada es claramente mayoritaria en Matemáticas. También ocurre así en Ciencias, aunque de forma menos acusada, lo que ha merecido severas críticas (García-Barros, 2016). En ambos casos los contenidos didácticos no se imparten casi nunca antes de los contenidos disciplinares. De hecho, son escasas las universidades donde unas u otras asignaturas se imparten en el último curso, lo que podría ayudar a vincular estos conocimientos con el prácticum final, donde el alumno realmente puede poner en práctica sus aprendizajes previos e integrar ambos saberes (Naya-Riveiro et al., 2021).

En cuanto a la Ingeniería, esta queda fuera de los planes de estudio de los Grados de Magisterio, tal y como han señalado otros autores (Castro-Rodríguez y Montoro, 2021). No aparecen conceptos como el diseño de ingeniería, la optimización de procesos o el pensamiento computacional. Tampoco hay referencias a metodologías asociadas a este enfoque, como *Design-based Learning* o *Design Thinking*. Esto no es de extrañar, puesto que este tipo de contenidos se incluyen por primera vez en el currículo español de Educación Primaria con la LOMLOE. Aun así, ello no asegura su rápida y efectiva inclusión en las aulas, como también se ha comprobado en otros países donde STEM ha tenido un fuerte respaldo curricular (Carr et al., 2012).

Por último, la Tecnología sí se aborda en la mayoría de los Grados con asignaturas obligatorias específicas. En concreto, se hace desde una visión centrada en las TIC (búsqueda de información y recursos, herramientas digitales, etc.), lo que parece coherente con las competencias específicas que establece el Libro Blanco del título, esto es, "Capacidad para utilizar e incorporar adecuadamente en las actividades de enseñanza-aprendizaje las tecnologías de la información y la comunicación" (ANECA, 2005, p.90). Aun así, siguiendo a Gewerc y Montero (2015), cabe criticar que la noción de Tecnología se limite a una perspectiva instrumental. De hecho, en el enfoque STEM la Tecnología no se asocia exclusivamente a las TIC, sino que es más una herramienta o resultado de la resolución de problemas reales

Recibido: 02-08-2022 Aceptado: 02-04-2023

abordados desde las Matemáticas, las Ciencias y/o la Ingeniería. En esa línea, en algunas guías –normalmente relacionadas con la Física– se alude a aparatos tecnológicos relacionados con las máquinas simples o los electroimanes, pero tampoco desde un auténtico enfoque STEM. Desde nuestra perspectiva, convendría interrelacionar de manera real la Ingeniería y la Tecnología con las Ciencias y las Matemáticas, para abordar el diseño y construcción de aparatos tecnológicos que resuelvan problemas del mundo real y respondan a necesidades sociales: separación de residuos, aplicaciones médicas, exploración espacial, etc. (Simarro y Couso, 2021).

Conclusiones

Este estudio aborda de forma conjunta la formación inicial del profesorado de Educación Primaria en las disciplinas STEM, tanto en las universidades públicas como en las privadas. La conclusión fundamental es que, en la actualidad, los estudios de Grado no incluyen en sus itinerarios obligatorios una formación STEM con un enfoque global. La Ingeniería está ausente en los planes de estudio y, en general, la Tecnología se aborda desde una perspectiva centrada en las TIC y alejada de su concepción en la educación STEM.

Por otro lado, en Ciencias y Matemáticas el número de créditos está por debajo de las recomendaciones establecidas en el Libro Blanco del título de Grado en Magisterio (ANECA, 2005, p.201), sobre todo en las universidades privadas. No obstante, su peso relativo sí parece ajustarse a la carga lectiva de las disciplinas en Educación Primaria (Matemáticas, Biología, Física, Química y Geología, en este orden).

Además, existen diferencias acusadas entre la relevancia que otorgan las universidades a los contenidos disciplinares y a los didácticos, sobre todo en lo referente a las Ciencias, lo que es un debate muy actual. En esta línea, se comprueba que predominan las asignaturas que combinan simultáneamente ambos contenidos, si bien esta interrelación es menor en Ciencias que en Matemáticas.

Este estudio es actualmente relevante puesto que la llamada competencia STEM adquiere una nueva importancia desde la entrada en vigor de la LOMLOE. Este contexto demanda una actualización de los planes de estudio de los Grados de Magisterio en Educación Primaria

que, próximamente, deberán afrontar las universidades. Para ello, la revisión, análisis y comparativa aquí presentada es sin duda de utilidad, y revela especialmente la necesidad de incluir específicamente aspectos de Tecnología e Ingeniería con un enfoque STEM, sin que ello lleve a la reducción del tiempo dedicado a Matemáticas y a Ciencias que, de hecho, ya es inferior al recomendado.

En cuanto a las limitaciones del estudio, cabe señalar que la información sobre los contenidos y su temporalización en ECTS se deriva de las guías docentes, y no de las actividades formativas realizadas por los formadores. Ello puede llevar a sesgos en los resultados, debido a las tensiones entre lo que se planifica y lo que verdaderamente se implementa en la formación (Porlán et al., 2010). Además, al igual que con otras aproximaciones, el análisis de guías docentes implica adoptar criterios de análisis que pueden diferir de la temporalización real de los contenidos formativos. Asimismo, en este trabajo se ha optado por restringir el análisis a la formación obligatoria, obviando las asignaturas optativas que, aunque no se vinculan al perfil general de los egresados, sí conforman un espacio adecuado para abordar los aspectos didácticos sobre las disciplinas STEM (Naya-Riveiro et al., 2021) y su interacción durante la resolución de problemas.

Por ello, en futuros trabajos se plantea estudiar la optatividad, analizando las guías de las asignaturas de las diversas menciones en lo referente a STEM. Otra línea de trabajo sería estudiar si las conclusiones actuales se mantienen en los Dobles Grados, cuya variedad es amplia y donde no siempre es fácil aunar los planes de estudios de las titulaciones implicadas. Asimismo, la realización de encuestas a los formadores permitiría acceder a una visión complementaria que sin duda contribuiría al debate sobre la mejor manera de reformar los planes de estudios del Grado de Magisterio en Educación Primaria.

Agradecimientos

A Irene González Muñoz y Cristina Rodríguez Mayordomo, beneficiarias de una beca de colaboración del Ministerio de Educación y Formación Profesional en el curso 2020-21, por su ayuda en la toma de datos de este estudio.

Referencias bibliográficas

Aguilera, D., & Ortiz-Revilla, J. (2021). STEM vs. STEAM education and student creativity: A systematic literature review. *Education Sciences*, *11*, 331. https://doi.org/10.3390/educsci11070331

Amat, A., Martínez-Chico, M., & Jiménez-Liso, M.R. (2022). Formación de maestras por implementación de secuencias en su propio contexto de aula: red sistémica para el análisis de las entrevistas pre-post. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, *97*(36.1), 35–56. https://doi.org/10.47553/rifop.v97i36.1.91928

ANECA (2005). *Libro Blanco. Título de Grado en Magisterio. Volumen 1*. Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación. https://www.aneca.es/documents/20123/63950/libroblanco_jun05_magisterio1.pdf/bd7fdceb-075e-6256-b769-f89502fec8aa?t=1654601800472

Appleton, K. (2003) How do beginning primary school teachers cope with science? Toward an understanding of science teaching practice. *Research in Science Education*, *33*(1), 1–25. https://doi.org/10.1023/A:1023666618800

Barak, M. (2013). Teaching engineering and technology: cognitive, knowledge and problem-solving taxonomies. *Journal of Engineering, Design and Technology*, *11*(3), 316–333. https://doi.org/10.1108/JEDT-04-2012-0020

Belbase, S., Mainali, B.R., Kasemsukpipat, W., Tairab, H., Gochoo, M., & Jarrah, A. (2021). At the dawn of science, technology, engineering, arts, and mathematics (STEAM) education: prospects, priorities, processes, and problems. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*. https://doi.org/1.1080/0020739X.2021.1922943

Brunsell, E. (2012). The engineering design process. En E. Brunsell (Ed.), *Integrating engineering and science in your classroom* (pp. 3–5). NSTA Press.

Cañal, P. (2008). ¿Cómo orientar la formación inicial del profesorado de primaria en didáctica de las ciencias experimentales? En M.R. Jiménez-Liso (Ed.), C*iencias para el mundo contemporáneo y formación del profesorado en Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 256–263). Universidad de Almería.

Cardetti, F., & Truxaw, M.P. (2014). Toward improving the mathematics preparation of elementary preservice teachers. *School Science and Mathematics*, *114*(1), 1–9. https://doi.org/10.1111/ssm.12047

Carr, R.L., Bennett IV, L.D., & Strobel, J. (2012). Engineering in the K-12 STEM standards of the 50 U.S. states: An analysis of presence and extent. *Journal of Engineering Education, 101*(3), 539–564. https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2012.tb00061.x

Castro-Rodríguez, E., & Montoro, A.B. (2021). Educación STEM y formación del profesorado de Primaria en España. *Revista de Educación*, *393*, 353–378. https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2021-393-497

Cavanagh, S., & Trotter, A. (2008). Where's the "T" in STEM. *Education Week, 27*(30), 17–19.

Cortés, A.L., Gándara, M., Calvo, J.M., Martínez-Peña, B., Ibarra, J., Arlegui, J., & Gil-Quílez, M.J. (2012). Expectativas, necesidades y oportunidades de los maestros en formación ante la enseñanza de las ciencias en la Educación Primaria. *Enseñanza de las Ciencias, 30*(3), 155–176. https://doi.org/10.5565/rev/ec/v30n3.597

Costantino, T. (2018). STEAM by another name: Transdisciplinary practice in art and design education. *Arts Education Policy Review, 119*(2), 100–106. https://doi.org/10.1080/10632913.2017.1292973

Dignath, C., & Büttner, G. (2008). Components of fostering self-regulated learning among students. A meta-analysis on intervention studies at primary and secondary school level. *Metacognition and Learning, 3*(3), 231–264. https://doi.org/10.1007/s11409-008-9029-x

García-Barros, S. (2016). Conocimiento científico Conocimiento didáctico. Una tensión permanente en la formación docente. *Campo Abierto, 35*(1), 31–44. https://mascvuex.unex.es/revistas/index.php/campoabierto/article/view/2825

García-Ruiz, M., & Sánchez, B. (2006). Las actitudes relacionadas con las Ciencias Naturales y sus repercusiones en la práctica docente de profesores de primaria. *Perfiles Educativos, 114*, 61–89. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-26982006000400004&lng=es&nrm=iso

Gewerc, A., & Montero, L. (2015). Conocimiento profesional y competencia digital en la formación del profesorado. El caso del Grado de Maestro en Educación Primaria. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, *14*(1), 31–43. https://doi.org/10.17398/1695-288X.14.1.31

Imbernón, F., & Colén, M.T. (2014). Los vaivenes de la formación inicial del profesorado. Una reforma siempre inacabada. *Tendencias Pedagógicas, 24*, 265–284. https://revistas.uam.es/tendenciaspedagogicas/article/view/2106

INEE (2012). *TEDS-M. Estudio internacional sobre la formación en matemáticas de los maestros. Informe español*. Instituto Nacional de Evaluación Educativa. https://sede.educacion.gob.es/publiventa/d/15408/19/00

Jarvis, T., & Pell, A. (2004). Primary teachers' changing attitudes and cognition during a two-year science in-service programme and their effect on pupils. *International Journal of Science Education, 26*(14), 1787–1811. https://doi.org/10.1080/0950069042000243763

Manso, J., & Garrido-Martos, R. (2021). Formación inicial y acceso a la profesión: qué demandan los docentes. *Revista de Educación*, *393*, 293–319. https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2021-393-494

Martínez-Borreguero, G., Naranjo, F.L., & Mateos, M. (2022). Cognitive and emotional development of STEM skills in primary school teacher training through practical work. *Education Sciences*, *12*, 470. https://doi.org/10.3390/educsci12070470

McComas, W.F., & Burgin, S.R. (2020). A critique of "STEM" education. *Science & Education, 29*(4), 805–829. https://doi.org/10.1007/s11191-020-00138-2

MEFP (2022a). *24 propuestas de reforma para la mejora de la formación docente*. Ministerio de Educación y Formación Profesional. https//educagob.educacionyfp.gob.es/comunidad-educativa/profesorado/propuesta-reforma.html

MEFP (2022b). *Estadísticas de la Educación*. Ministerio de Educación y Formación Profesional. https://www.educacionyfp.gob.es/servicios-al-ciudadano/estadisticas.html

Ministerio de la Presidencia (2021). *España 2050: Fundamentos y propuestas para una Estrategia Nacional de Largo Plazo*. https://www.lamoncloa.gob.es/presidente/actividades/Documents/2021/200521-Estrategia_Espana_2050.pdf

Moore, T.J., Glancy, A.W., Tank, K.M., Kersten, J.A., Smith, K.A, & Stohlmann, M.S. (2014). A framework for quality K-12 engineering education: research and development. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, *4*(1), 2. https://doi.org/10.7771/2157-9288.1069

Naya-Riveiro, M.C., Gómez-Sánchez, T.F., Rumbo, M.B., & Segade, M.E. (2021). Estudio interregional comparado de la educación matemática en la formación inicial del profesorado de Educación Primaria. *RELIME. Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, *24*(2), 207–233. https://doi.org/10.12802/relime.21.2424

Nolla, Á., Muñoz, R., Cerisola, A., & Fernández, B. (2021). La formación inicial de los maestros en matemáticas y su didáctica. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, *96*(35.1), 185–208. https://doi.org/10.47553/rifop.v96i35.1.85882

Nortes Checa, A., & Nortes Martínez-Artero, R. (2013). Formación inicial de maestros: Un estudio en el dominio de las matemáticas. *Profesorado, Revista de Currículum y Formación del Profesorado, 17*(3), 185–200. https://revistaseug.ugr.es/index.php/profesorado/article/view/19684

Porlán, R., Martín del Pozo, R., Rivero, A., Harres, J., Azcárate, P., & Pizzato, M. (2010). El cambio del profesorado de ciencias I: marco teórico y formativo. *Enseñanza de las Ciencias*, *28*(1), 31–46. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3619

Pro-Bueno, A., Pro-Chereguini, C., & Cantó, J. (2022). Cinco problemas en la formación de maestros y maestras para enseñar ciencias en Educación Primaria. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado, 97*(36.1), 185–202.

https://doi.org/10.47553/rifop.v97i36.1.92510

R Core Team (2018). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. https://www.Rproject.org/

Real Decreto 157/2022, de 1 de marzo, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Primaria. *Boletín Oficial del Estado*, *52*, de 2 de marzo de 2022. https://www.boe.es/boe/dias/2022/03/02/pdfs/BOE-A-2022-3296.pdf

Sánchez-Urán, L. (2019). La formación inicial de los maestros de Educación Primaria en España: universidades y planes de estudios. En J. Manso (Ed.), *La formación inicial del profesorado en España* (pp. 12–30). Ministerio de Educación y Formación Profesional.

Shulman, L.S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, *57*(1), 1–23. https://doi.org/10.17763/haer.57.1.j463w79r56455411

Simarro, C., & Couso, D. (2021). Engineering practices as a framework for STEM education: a proposal based on epistemic nuances. *International Journal of STEM Education, 8*, 53. https://doi.org/10.1186/s40594-021-00310-2

Socas, M.M. (2011). Aprendizaje y enseñanza de las Matemáticas en Educación Primaria. Buenas prácticas. *Educatio Siglo XXI*, *29*(2), 199–224. https://revistas.um.es/educatio/article/view/133031

Toma, R.B., & 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

Toma, R.B., Greca, I.M., & Meneses-Villagrá, J.A. (2017). Dificultades de maestros en formación inicial para diseñar unidades didácticas siguiendo la metodología de indagación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, *14*(2), 442–457. http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2017.v14.i2.11

Yata, C., Ohtani, T., & Isobe, M. (2020). Conceptual framework of STEM based on Japanese subject principles. *International Journal of STEM Education*, *7*(12). https://doi.org/10.1186/s40594-020-00205-8

Información de contacto: Germán Ros Magán. Universidad de Alcalá, Facultad de Educación, Dpto. de Física y Matemáticas. Avda. de Madrid 1, CP 19001, Guadalajara, España. E-mail: german.ros@uah.es