

Educación STEM y formación del profesorado de Primaria en España¹

STEM Education and Primary Teacher Training in Spain

DOI: 10.4438/1988-592X-RE-2021-393-497

Elena Castro-Rodríguez

Ana B. Montoro

Universidad de Granada

Resumen

Desde sus inicios, la educación STEM ha sido caracterizada a través de distintos modelos. A pesar de esta diversidad, encontramos tres características comunes en la literatura especializada —resolución de problemas, aplicación de contenidos en situaciones reales e interdisciplinariedad—. En este trabajo indagamos hasta qué punto es posible implementar una Educación STEM que se ciña al plan de formación inicial de maestros de Educación Primaria vigente en España. Para ello, hemos realizado un análisis de documentos, en base a las tres características propias de la educación STEM, de las 236 guías docentes de las asignaturas de carácter básico u obligatorio relacionadas con las áreas STEM de las universidades públicas españolas. Los resultados muestran que la mayoría de las universidades contemplan en sus guías docentes del área de Matemáticas y Ciencias Experimentales estas tres características, siendo la resolución de problemas la que mayor presencia tiene en todos los niveles curriculares de las guías (expectativas de aprendizaje, contenidos, metodología y evaluación). Concluimos que, la inclusión de la educación STEM podría ser posible a través de una integración a nivel multidisciplinar, donde cada asignatura tiene sus propios objetivos pero se introducen tareas a través de un tema común.

⁽¹⁾ Realizado con el apoyo del proyecto PCG2018-095765-B-100 del Plan Nacional de I+D+I del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (España).

Palabras clave: STEM, formación de docentes de primaria, análisis de documentos curriculares, Educación Universitaria, innovación educativa

Abstract

Since its creation, STEM education has been characterized and interpreted using various models. Despite this diversity, we find three common characteristics in specialized literature—problem solving, content application in real situations, and interdisciplinarity—. In this work, we study the possibility of developing STEM Education in the initial Primary teacher training in Spain. To this end, based on the specific characteristics of STEM Education, a document analysis of 236 syllabi was carried out. These analysed syllabi are those for the basic and compulsory subjects in Spanish public universities related to the STEM areas. The results show that most universities consider these three characteristics in their Mathematics and Experimental Science syllabi. Even so, problem solving is the characteristic that is most present in the documents and in the curricular levels of the syllabi (learning expectations, contents, methodology and evaluation). In conclusion, incorporating STEM Education could be possible through the multidisciplinary integration, where each subject has its own objectives but tasks are introduced through a common issue.

Keywords: STEM, primary teacher training, syllabi analysis, University Education, educational innovation

Introducción

En la década de los noventa se inició en Estados Unidos un movimiento que perseguía unificar las áreas de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM, por sus siglas en inglés), vinculado a la herencia de las reformas educativas surgidas tras la crisis del *Sputnik*. Más allá de la necesidad política y económica con la que se inició, este hecho no tardó en hacerse eco en la educación como respuesta a las necesidades sociales de formar ciudadanos competentes en los nuevos retos que plantea el siglo XXI, pues los conocimientos, habilidades y capacidades asociados con la práctica de las disciplinas STEM se solicitan de forma transversal en casi todos los sectores laborales y en el día a día de la ciudadanía (Bergsten y Frejd, 2019; Mpofu, 2020). Todo este movimiento educativo evolucionó hasta convertirse en un concepto en sí mismo: la educación

STEM, cuyo propósito era ayudar a los estudiantes a prepararse para dichos cambios y así dar respuesta a la creciente demanda de capacitación en las áreas STEM.

La educación STEM, entendida como el enfoque educativo que promueve la integración de contenidos provenientes de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas en la resolución de problemas auténticos del mundo real, es considerada un proceso complejo (Martín-Páez, Aguilera, Perales-Palacios y Vilchez-González, 2019) y la preocupación de investigadores y educadores a nivel global por mejorar esta educación continúa creciendo a medida que la demanda de habilidades STEM aumenta (English, 2016). En algunos países como Estados Unidos o Singapur la idea de implementar una educación STEM ha sido contemplada desde hace décadas. Sin embargo, pocos profesores saben cómo llevarla al aula (Kelley y Knowles, 2016), más aún cuando ellos mismos presentan una idea limitada de qué implica la educación STEM (Dare, Ring-Whalen y Roehrig, 2019). Estos nuevos retos en la enseñanza hacen que sea fundamental una formación profesional adecuada a las nuevas demandas que plantea el siglo XXI (Hernández, 2011).

La investigación llevada a cabo sobre la formación de profesores y la educación STEM es un área relativamente nueva de investigación. En esta línea se han desarrollado algunos trabajos que pretenden analizar la eficacia de propuestas en los planes de formación de profesores de Ciencias (e.g., Alan, Zengin y Kececi, 2019), de profesores de Matemáticas de secundaria (e.g., Bergsten y Frejd, 2019) y docentes de primaria (e.g., Bartels, Rupe y Lederman, 2019). En el cuasi-experimento realizado por Alan et al. (2019), los estudiantes que asistieron a clases de Ciencias para los que se diseñaron propuestas STEM integradas, mejoraron su visión de lo que significa la educación STEM e incrementaron sustancialmente sus habilidades de resolución de problemas. Bergsten y Frejd (2019) encontraron que en un breve periodo de formación sobre educación STEM con futuros profesores de Matemáticas, los participantes fueron capaces de integrar contenidos de las disciplinas STEM, diseñando propuestas de gran riqueza, siendo la modelización y la enseñanza por indagación esenciales. Por otro lado, la mayoría de propuestas incluyeron la colaboración y el uso de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) como medios para trabajar las habilidades del siglo XXI. Varias de ellas promueven la creatividad, la resolución de

problemas y la toma de decisiones como habilidades relacionadas con la forma de pensar. En el caso de los maestros de primaria, Barstels et al. (2019) destacan que la mayoría de las propuestas diseñadas estaban contextualizadas en clases de Ciencias en las que se pedía planificar, diseñar, construir, poner a prueba y recoger datos, y que incluían al menos la integración de dos disciplinas, aunque la mayor parte de ellas incluían tres o cuatro. Por otro lado, aparecieron visiones limitadas de lo que implica la integración del área de Tecnología.

Tras la revisión llevada a cabo se observa que, aunque las investigaciones muestran la posibilidad de incluir programas de formación sobre educación STEM y la capacidad de los docentes de diseñar propuestas educativas que integren disciplinas STEM, estas son discutibles pues no siempre integran las cuatro áreas o se centran en la enseñanza de una de ellas dejando las otras como mero contexto o como una herramienta para resolver la tarea (e.g., Barstels et al., 2019; Bergsten y Frejd, 2019). Su carácter parcial y aislado hace que sea necesario revisar la formación a nivel global de los docentes (Bogdan y García-Carmona, 2021). Además, la investigación realizada en esta línea destaca la necesidad de estudios relativos a mejorar la formación de profesores en aspectos ligados a la educación STEM (Kelley y Knowles, 2016), específicamente sobre planes de formación inicial de maestros de primaria, pues este colectivo presenta dificultades sustanciales en las áreas de Ciencias y Matemáticas, así como actitudes negativas hacia ellas (e.g., Casis, Rico y Castro, 2017).

Dada la problemática mostrada, nos preguntamos si es posible implementar una Educación STEM en el actual plan de formación inicial de maestros de Educación Primaria en España. Destacamos que el estudio que presentamos no es de carácter evaluativo, pues no es un fin de la titulación implementar una educación STEM. Nos centramos en la educación STEM, en lugar de otros planteamientos más actuales como STEAM, por estar más desarrollado teórica y conceptualmente que el resto (García-Carmona, 2020). Además, una de las principales justificaciones que plantean estos enfoques más recientes es el fomento de la creatividad y la innovación, sin embargo, ambos rasgos son inherentes por naturaleza a las disciplinas científico-tecnológicas (Aguilera et al., 2021; García-Carmona, 2020).

Caracterizando la Educación STEM

Desde sus inicios, se han planteado diversas interpretaciones de educación STEM en la literatura. Algunos autores describen la educación STEM como la resolución de problemas basados en conceptos y procedimientos de Ciencias y Matemáticas que incorporan las estrategias aplicadas en ingeniería y el uso de tecnología (Shaughnessy, 2013). Otros expertos señalan que es un modelo que pretende entender todas las disciplinas STEM como una entidad cohesionada, cuya enseñanza está integrada y coordinada a través de la resolución de problemas del mundo real (Aguilera et al., 2021). La diversidad de planteamientos ha llevado a expertos como Bybee (2013), Dare et al. (2019), Mpofu (2020) o Martín-Páez et al. (2019) a distinguir distintos enfoques de educación STEM planteados en la investigación o la literatura. Entre la diversidad de modelos, estos autores coinciden en los siguientes.

Un primer modelo aislado que aboga por la enseñanza de las disciplinas de manera independiente. Esta perspectiva podría tener lugar a través de cursos separados o unidades separadas de un mismo curso (Bybee, 2013). Este enfoque tradicional, fomenta una enseñanza descontextualizada de la vida real, inculcando los contenidos de cada área de forma independiente, lo que puede provocar dificultades en la comprensión de su integración (Martín-Páez et al., 2019; Mpofu, 2020). Además, las áreas han de estar presentes en el currículum escolar, lo que no ocurre con la Ingeniería en Educación Primaria.

Un segundo modelo donde se combinan dos o tres de las disciplinas sin llegar a integrar las cuatro. Las áreas integradas se pueden considerar como una nueva disciplina base, cubriéndose en profundidad y pudiendo relacionarse con otras áreas STEM. Sin embargo, algunos autores (Dare et al., 2019; Martín-Páez et al., 2019) consideran que existe el riesgo de excluir, hacer énfasis o de considerar alguna disciplina como mera herramienta o contexto.

Un tercer modelo que integra una de las disciplinas STEM en la enseñanza de las otras tres, siendo normalmente la ingeniería o tecnología las áreas que se incluyen. Según Bybee (2013) esta perspectiva representa un primer paso hacia la integración.

Por último, un modelo integrado que implica la incorporación de conocimientos y habilidades de todas las áreas en una sola experiencia didáctica. En este caso, los profesores responsables de su enseñanza deben

tener conocimientos y habilidades de cada una de las áreas, de modo que los estudiantes adquieran competencias que permitan comprender y abordar problemas del mundo real. Este modelo se relaciona con el significado interdisciplinario de la educación STEM, mezclando las áreas de contenido en un área de aprendizaje de una sola asignatura. Además, supera las limitaciones que se presentan al enseñar las áreas de manera independiente, pudiendo reflejar la naturaleza interdisciplinar de los problemas de la vida real y a su vez siendo un aprendizaje más estimulante para los alumnos (Martín-Páez et al., 2019; Mpofo, 2020).

En este trabajo consideramos que una característica esencial para realizar una educación STEM es la integración de las cuatro áreas, pues en otro caso sería difícil distinguirlo de enfoques educativos anteriores como CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad). Dado que esta integración es una de las mayores dificultades de llevar a cabo una educación STEM (Bogdan y García-Carmona, 2021; Dare et al., 2019), algunos autores distinguen varios niveles (Aguilera et al., 2021; English, 2016). En el primer nivel, disciplinar, los contenidos se aprenden por separado en cada disciplina. En el segundo nivel, multidisciplinar, cada disciplina tiene sus propios objetivos, aunque se incorporan en la misma tarea a través de un tema común, y se explicitan los vínculos entre las áreas. En algunos casos puede que el peso de las disciplinas no esté equilibrado. En el tercer nivel, interdisciplinar, los objetivos involucran varias disciplinas. El último nivel, transdisciplinar, involucra objetivos de las distintas disciplinas y se enfoca a la resolución de problemas de mundo real.

A pesar de que ha habido avances significativos hasta la fecha, no hay acuerdo en una caracterización o modelo común de educación STEM ni de cómo implementarla (Bogdan y García-Carmona, 2021). No obstante, tras la revisión llevada a cabo y las críticas realizadas a estos modelos, encontramos tres características fundamentales para llevar a cabo una educación STEM, a las que nos referiremos a lo largo del artículo como “características STEM”: (i) la inclusión de una situación del mundo real, (ii) la interdisciplinariedad o conexiones entre las distintas áreas STEM, y (iii) el desarrollo de las habilidades de resolución de problemas (e.g., Aguilera et al., 2021; Bybee, 2013; Fomunyam, 2020; Kennedy y Odell, 2014).

Documentos oficiales en la formación inicial de maestros de Educación Primaria en España

En las últimas décadas, la formación inicial de maestros de Educación Primaria en España ha sufrido cambios debido a la implantación del plan Bolonia y la necesidad de adaptación de las titulaciones universitarias al Espacio Europeo de Educación Superior. Esto supuso modificaciones sustanciales, como aumentar en un año la duración de los estudios o contemplar una perspectiva curricular basada en competencias. El diseño de este plan de formación queda recogido en diversos documentos oficiales de nivel nacional, institucional y formador, los cuales establecen distintos niveles de concreción (Rico, Gómez y Cañadas, 2014).

A nivel nacional, las directrices establecen el número de créditos del título universitario y su reparto entre los distintos módulos: formación básica (Aprendizaje y desarrollo de la personalidad, Procesos y contextos educativos, Sociedad, familia y escuela), formación didáctico disciplinar (enseñanza y aprendizaje de: Ciencias Experimentales, Ciencias Sociales, Matemáticas, Lenguas, Educación musical, Plástica y visual, Educación física) y prácticum (prácticas escolares, incluyendo el Trabajo Fin de Grado). Además, dentro de este nivel de concreción se establecen por el Ministerio de Educación y Ciencia (MEC) las competencias que han de adquirir los futuros maestros (MEC, 2007).

En el nivel institucional, las universidades concretan las directrices nacionales en la memoria de verificación del grado. Esta memoria incluye el diseño y la estructura del plan de estudios, así como los descriptores y créditos propios de cada materia. En base a lo establecido a nivel nacional, las universidades tienen autonomía para el diseño de sus planes de estudio institucionales (Rico et al., 2014).

En un último nivel de concreción, el nivel formador, los departamentos universitarios correspondientes ateniéndose a lo dispuesto en los documentos nacionales e institucionales, se encargan de desarrollar los programas de las asignaturas. Denominados como guías docentes, estos documentos oficiales son una referencia para los profesores que imparten la asignatura y sus estudiantes, ya que contienen información general de la asignatura (número de créditos ECTS, carácter, semestre, departamento, profesorado responsable o bibliografía) y aspectos fundamentales de su planificación que pueden ser organizados en los niveles curriculares de expectativas de aprendizaje, contenidos, metodología y evaluación

(Rico, 2013), coincidiendo con los cuatro niveles básicos del currículo propuestos por Tyler (1986).

En este trabajo nos situamos en el último nivel de concreción, el nivel formador, para dar respuesta a la pregunta ¿es posible implementar una educación STEM en el actual plan de formación inicial de maestros de Educación Primaria en España? Como primer avance para dar respuesta a esta cuestión, en este trabajo nos planteamos dos objetivos:

- Describir la presencia de las áreas STEM en los títulos universitarios oficiales que habilitan para el ejercicio de la profesión de Maestro en Educación Primaria en España.
- Identificar la presencia de las características de la Educación STEM (resolución de problemas, situaciones reales e interdisciplinaridad) en las guías docentes de las asignaturas relacionadas con las áreas STEM de dicha titulación en las universidades públicas españolas.

Método

En este estudio llevamos a cabo un análisis de documentos (Bowen, 2009) de las 236 guías docentes de las asignaturas de carácter básico u obligatorio² relacionadas con las áreas STEM pertenecientes a los títulos universitarios oficiales que habilitan para el ejercicio de la profesión de Maestro en Educación Primaria (denominado como Grado en Maestro de Educación Primaria o Grado de Educación Primaria) de las universidades públicas españolas. Las guías pertenecen al curso académico 2020-2021. En las 39 universidades públicas españolas que imparten dicha titulación, existen un total de 236 asignaturas de carácter básico u obligatorio relacionadas con las áreas STEM, de las cuales 113 pertenecen al área de Didáctica de la Matemática, 101 al área de Didáctica de las Ciencias Experimentales y 22 al área de TIC³.

² Aquellas asignaturas que han de cursar todos los estudiantes para finalizar sus estudios.

³ Nuestra intención no es identificar las TIC con la tecnología, si no como una parte de ella. Por ello, consideramos estas asignaturas dentro del área de TIC y no del área de tecnología.

Categorías

Las categorías para el análisis de los documentos en este estudio atienden a dos dimensiones: características STEM y niveles curriculares. La primera de ellas, características STEM, se obtuvo de las características comunes presentes en las definiciones y modelos de educación STEM:

- Resolución de problemas. Un problema lo entendemos como una tarea o planteamiento que presenta un reto y en el que es necesario indagar para obtener la solución, ya que no sabe inmediatamente el procedimiento para llegar a ella. En este sentido, esta categoría engloba aquellos fragmentos relativos al desarrollo de la competencia de resolución de problemas, y no a aspectos teóricos de la noción como la identificación o distinción de tipos de problemas aritméticos, o problemas educativos y resolución de conflictos.
- Situaciones reales o inclusión de un contexto del mundo real. Alusiones a la puesta en práctica de contenidos en situaciones reales o de la vida cotidiana. No se consideran dentro de esta categoría los propios contenidos reales como son la probabilidad o las magnitudes en el caso del área de Matemáticas, o el cuerpo humano o la tierra en el área de Ciencias Experimentales.
- Interdisciplinariedad. Menciones a otra u otras áreas STEM distintas del área a la que pertenece la guía docente. Dentro de esta categoría, tuvimos que considerar dos subcategorías debido al alto número de menciones TIC: uso de TIC (segmentos relativos a esta materia presentes en una asignatura que no es del área TIC) y otras áreas STEM (segmentos que implican a otra área STEM distinta de la propia área y del área TIC, o mención explícita la interdisciplinariedad).

La segunda de las dimensiones, niveles curriculares, es relativa a la estructura de las guías docentes, e incluye a las categorías consideradas como fundamentales en el currículo y en la planificación de la enseñanza (Rico, 2013; Tyler, 1986):

- Expectativas de aprendizaje. Finalidades que establecen prioridades en el aprendizaje. Estas son expresadas en las guías docentes a través de competencias, objetivos de aprendizaje o resultados de aprendizaje.

- **Contenidos.** Menciones que organizan el conocimiento a través de conceptos, procedimientos o actitudes. En las guías docentes son presentados a través del contenido del programa o el temario de la asignatura.
- **Metodología.** Estrategias, acciones, técnicas de enseñanza, tareas o materiales necesarios que en su conjunto indican cómo se llevará a cabo la enseñanza.
- **Evaluación.** Pautas, sistemas o técnicas cuyo fin es identificar aquello que han aprendido los estudiantes.

Estas categorías, obtenidas deductivamente de la literatura, fueron sometidas a una evaluación mediante el juicio de expertos. Específicamente, tres investigadores del área con una larga trayectoria en el tema.

Análisis de datos

El análisis de datos se llevó a cabo en dos fases. En una primera fase los fragmentos de los documentos se codificaron en torno a las categorías de análisis utilizando la herramienta MAXQDA. Se utilizó un proceso deductivo ya que las categorías consideradas para la codificación están formuladas desde la teoría (Fraenkel, Wallen y Hyun, 2011). Por ejemplo, la competencia “Plantear y resolver problemas vinculados con la vida cotidiana” fue codificada dentro de las categorías expectativas de aprendizaje, resolución de problemas y situaciones reales.

En primer lugar, se codificaron el 5% de las guías docentes de manera independiente por las dos investigadoras. La tabla I refleja el número de unidades de análisis codificadas con el mismo código (a), y el número de unidades de análisis que fueron codificadas únicamente por un investigador (b y c). La probabilidad de codificar una unidad de análisis con un código por azar es mínima en este tipo de documentos. De hecho, todos los segmentos no seleccionados se pueden considerar acuerdos. En este sentido, el programa nos informa de que se alcanza una índice kappa de 0,944, siendo el porcentaje de acuerdo entre codificadores del 95%.

TABLA I. Acuerdo intercodificadores

		Codificador 1		
		0	1	
Codificador 2	0	a = 231	b = 3	234
	1	c = 7	0	7
		238	3	241

Fuente: Elaboración propia

Los desacuerdos fueron revisados y se llegaron a acuerdos para la codificación del resto de documentos. Dado que se obtuvo un porcentaje óptimo de fiabilidad, el resto de documentos sólo fueron codificados por una de las dos investigadoras.

Una vez codificados todos los datos, en una segunda fase se calculó, en primer lugar, tablas de frecuencias y estadísticos descriptivos de las categorías por cada área. En segundo lugar, se calcularon tablas de concurrencias y matrices de relaciones entre las características STEM y los niveles curriculares. Una matriz de relaciones entre códigos es una representación visual de las intersecciones de dos códigos en un mismo segmento (gráfico I). La matriz proporciona el número de segmentos a los que se les ha asignado dos códigos específicos para cualquier combinación de parejas de códigos posible, siendo el tamaño de los símbolos en los puntos de intersección de cada pareja de códigos proporcional al número de segmentos que están codificados con ambos códigos. Por último, se realizó un análisis clúster seleccionando como variables las características STEM con el fin de obtener grupos de documentos. En concreto, se utilizó el método de similitud basado en el coeficiente de coincidencia simple. Este método considera la ocurrencia de códigos en el documento (solo se tiene en cuenta si se ha asignado un código a un documento) y define la similitud entre los atributos considerados como el número de coincidencias dividido por el número total de atributos.

Resultados

Presentamos los resultados del trabajo en tres apartados. En el primero, se describe la situación general de las áreas STEM en la titulación, dando respuesta al primer objetivo de la investigación. El segundo y tercer apartado dan respuesta al segundo objetivo de investigación. En el segundo apartado, nos centramos en el estudio de las características STEM en cada una de las áreas y niveles curriculares. Finalmente, en el tercer apartado, mostramos los resultados del análisis clúster y describimos las características de los grupos de documentos formados.

Presencia de las áreas STEM en el Grado de Educación Primaria

De las cuatro áreas STEM, solo dos de ellas están presentes a través de asignaturas en los actuales títulos universitarios oficiales del Grado de Maestro en Educación Primaria. Como se aprecia en la tabla II, donde aparece el número de asignaturas obligatorias del título para las áreas de Matemática, Ciencias Experimentales y TIC, así como un resumen de estadísticos descriptivos del número de asignaturas y créditos destinados a cada área, Matemáticas y Ciencias Experimentales destacan frente a las demás.

TABLA II. Estadísticos descriptivos del número de asignaturas y créditos del grado de Maestro en Educación Primaria de las áreas STEM pertenecientes a universidades públicas españolas

	Asignaturas						Créditos					
	N	Mín	Máx	Me		σ	N	Mín	Máx	Me		σ
Matemáticas	113	2	4	3	2,90	0,502	711	12	24	18	18,154	2,368
Ciencias Experimentales	102	2	5	2	2,56	0,754	598	12	24	15	15,679	3,617
TIC	22	0	2	1	0,54	4,582	120	0	12	3	3,077	6,235

Nota: N= total; Mín=mínimo; Máx=máximo; Me= mediana; =media; σ =desviación estándar.

Fuente: Elaboración propia

El área de Matemáticas es la que mayor presencia tiene en la titulación, con un total de 113 asignaturas de carácter básico u obligatorio y una mediana de 3, siendo en algunas instituciones sólo 2 asignaturas y en otras hasta 4. La mediana de créditos es 18 ECTS, el mínimo de 12 ECTS y el máximo de 24 ECTS. En general, en esta formación se pretende que los futuros profesores adquieran competencias matemáticas básicas como la resolución de problemas o la organización e interpretación de la información, y competencias didácticas relativas a la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas como «conocer el currículo escolar de matemáticas» o «desarrollar y evaluar contenidos del currículo mediante recursos didácticos apropiados y promover las competencias correspondientes en los estudiantes» (MEC, 2007, p. 53750). En este sentido, observamos dos formas diferentes de organizar la materia: (i) por medio de asignaturas centradas fundamentalmente en el desarrollo del conocimiento del contenido matemático y otras que se focalizan en el desarrollo de conocimiento didáctico de los contenidos, o (ii) combinar ambos tipos de conocimiento en todas las asignaturas, las cuales se separan en función del contenido matemático que trabajan (tabla III).

TABLA III. Ejemplos de distribución de las asignaturas obligatorias del área de Matemáticas y Ciencias Experimentales

	Matemáticas	Ciencias Experimentales
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria	Matemáticas y su didáctica I (6 ECTS) [Números y el álgebra]	Didáctica de las ciencias naturales y de la educación para la salud, biodiversidad y entorno (6 ECTS)
	Matemáticas y su didáctica II (7 ECTS) [Medida y la geometría]	Didáctica de la física, de la química, de la geología y de la educación ambiental (7,5 ECTS)
	Matemáticas y su didáctica III (6 ECTS) [Estadística y la probabilidad]	
Universidad de Granada	Bases matemáticas para la educación primaria (9 ECTS)	Didáctica de las ciencias experimentales I (9 ECTS) [Física, química y geología]
	Enseñanza y aprendizaje de las matemáticas en la educación primaria (6 ECTS)	Didáctica de las ciencias experimentales II (6 ECTS) [Biología]
	Diseño y desarrollo del currículo en matemáticas en educación primaria (7 ECTS)	

Fuente: Elaboración propia

En relación al área de Ciencias Experimentales, encontramos un total de 102 asignaturas, con una mediana de 2 asignaturas y 15 ECTS, así como un mínimo de 2 asignaturas y 12 créditos, y un máximo de 5 asignaturas y 24 créditos. Al igual que ocurre en el caso anterior, la formación de esta área a nivel general pretende la adquisición de conocimientos del contenido científico como «los principios básicos y las leyes fundamentales de las ciencias experimentales» (MEC, 2007, p. 53749) y la adquisición de conocimientos didácticos del contenido científico como «desarrollar y evaluar contenidos del currículo mediante recursos didácticos apropiados y promover la adquisición de competencias básicas en los estudiantes» (MEC, 2007, p. 53749). Estos documentos fomentan ambos conocimientos, organizándose según los bloques que involucran (Física, Química, Biología o Geología), aunque aparecen asignaturas centradas únicamente en el conocimiento del contenido científico.

En el área de Tecnología no se encontraron asignaturas específicas y sólo 20 universidades cuentan con asignaturas específicas de TIC de carácter básico u obligatorio. Sin embargo, según las directrices nacionales, una de las doce competencias generales que los estudiantes deben adquirir en la titulación es «Conocer y aplicar en las aulas las tecnologías de la información y de la comunicación» (MEC, 2007, p. 53749), por lo que es común encontrar en las guías de las áreas de Matemáticas y Ciencias Experimentales menciones al trabajo con las TIC o softwares. Además, aparecen referencias explícitas a la Tecnología (por ejemplo: «La energía en el entorno social y tecnológico» o «Ciencias y desarrollo tecnológico. Tecnología y desarrollo social») en los contenidos de algunas de las guías docentes de las asignaturas de Ciencias Experimentales, específicamente aquellas centradas en la Física.

Finalmente, el área de Ingeniería no presenta ninguna asignatura propia, ni tampoco se encuentra mencionada explícitamente en ninguna de las guías consideradas.

Presencia de las características STEM en las guías docentes

En relación al número de veces que aparecen cada una de las características STEM en las guías, la resolución de problemas obtiene valores muy superiores al resto (tabla IV).

TABLA IV. Estadísticos descriptivos de características STEM

	Media	Desviación típica	Mediana	Mínimo	Máximo
Resolución de problemas	3,43	1,03	3	0	14
Situaciones reales	2,02	0,94	1	0	10
Otras áreas STEM	1,82	0,81	2	0	9
Uso de TIC	1,45	1,25	1	0	14

Fuente: Elaboración propia

Sobre la presencia de las características STEM en los niveles curriculares (gráfico I), la resolución de problemas destaca en todos ellos, mientras que las situaciones reales se mencionan fundamentalmente en los dos primeros niveles (expectativas de aprendizaje y contenidos) y la interdisciplinariedad destaca en el primero. En general, los niveles de contenidos, metodología y evaluación se centran en describir aspectos organizativos de la asignatura lo que explica la baja presencia de las características en ellos.

GRÁFICO I. Matriz de relaciones entre las características STEM y los niveles curriculares.

	Expectativas	Contenidos	Metodología	Evaluación
Resolución de problemas	397	117	182	108
Situaciones reales	317	103	22	29
Otras áreas STEM	373	29	7	8
Uso de TIC	222	49	53	7

Fuente: Elaboración propia

Resolución de problemas

La resolución de problemas es la característica con mayor presencia en las guías analizadas (tabla IV), llegando a encontrarse hasta en 14 ocasiones, hecho razonable al existir asignaturas del área de Matemáticas destinadas específicamente a este aspecto, como la asignatura Resolución de Problemas y Conexiones Matemáticas de la Universidad de Almería.

No obstante, aunque encontramos menciones en todas las áreas, su presencia en el área de Matemáticas es significativamente mayor (tabla V).

TABLA V. Frecuencia de la resolución de problemas en los niveles curriculares para cada área

	Expectativas	Contenidos	Metodología	Evaluación	Total
Matemáticas (N=113)	227	93	116	79	515
Ciencias Experimentales (N=102)	154	21	62	25	262
TIC (N=22)	12	2	4	4	22

Fuente: Elaboración propia

Siguiendo las directrices nacionales (MEC, 2007), que establece como competencia general del área de Ciencias «Plantear y resolver problemas asociados con las Ciencias a la vida cotidiana» (p. 53749) y del área de Matemáticas «Plantear y resolver problemas vinculados con la vida cotidiana» (p. 53759), estas competencias aparecen en la mayoría de las guías docentes como expectativas de aprendizaje, si bien en algunos casos se particularizan a un campo concreto de estas áreas (números, geometría, biología, educación ambiental...) o se elimina el término vida cotidiana.

La resolución de problemas también es incluida como parte de los contenidos o temario. Por ejemplo, en el área de TIC, dentro de la asignatura Tecnologías de la Información y Comunicación en la Educación Primaria de la Universidad del País Vasco, se incluye en su temario «Resolver problemas conceptuales por medios digitales». Aunque, este hecho se da especialmente en las guías docentes de Matemáticas (tabla V).

En la metodología esta característica se incluye como sesiones prácticas destinadas a la resolución de problemas, como parte del desarrollo de sesiones teóricas, o en algunos casos se menciona el uso de la metodología ABP (aprendizaje basado en problemas) en combinación con otras metodologías

Por último, en la evaluación, la resolución de problemas suele ser incluida en los exámenes donde se afirma que los estudiantes deberán resolver problemas, por ejemplo «Las pruebas mixtas constarán de

preguntas teóricas, y otras cuestiones o problemas similares a los realizados durante el curso» presente en la asignatura Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias Experimentales I de la Universidad de León. Además, suele ser considerada como parte de las actividades evaluables que los alumnos realizan a lo largo del desarrollo del curso.

Situaciones reales

Las situaciones reales no tienen alta presencia en las guías docentes, encontrando que en más de la mitad de los documentos aparece una única mención o ninguna (tabla IV). Como muestra el gráfico I, esta característica se encuentra casi exclusivamente en las expectativas de aprendizaje (a través del planteamiento y resolución de problemas de la vida cotidiana) y/o contenidos. Cabe recordar que se consideró que los contenidos contenían situaciones reales únicamente cuando hacían referencia a aplicaciones en la vida cotidiana, con aspectos como «la química y la vida cotidiana» en la asignatura Fundamento de Ciencias de la Materia de la Universidad de Sevilla o «usos y contextos del número natural» de la asignatura de Matemáticas de la Universidad de Córdoba. Dentro de la metodología y evaluación esta característica apenas se menciona.

Si diferenciamos entre áreas (tabla VI), encontramos que su presencia es similar en Matemáticas y Ciencias Experimentales destacando ligeramente esta última, sin embargo, las menciones a esta categoría en las asignaturas de TIC son casi anecdóticas.

TABLA VI. Frecuencia del uso de situaciones reales en los niveles curriculares para cada área

	Expectativas	Contenidos	Metodología	Evaluación	Total
Matemáticas (N=113)	147	53	9	12	221
Ciencias Experimentales (N=102)	166	48	12	16	242
TIC (N=22)	4	2	1	1	10

Fuente: Elaboración propia

Interdisciplinariedad

En el caso de la interdisciplinariedad, observamos en la tabla IV que, la media de aparición de esta categoría está en torno a 2 menciones para la subcategoría otras áreas STEM y en 1,45 para la subcategoría uso de las TIC. En relación a la primera subcategoría, casi la totalidad de los fragmentos codificados se encuentran en la dimensión de expectativas de aprendizaje (gráfico I), pues están establecidas por las directrices nacionales (MEC, 2007) las competencias «valorar la relación entre Matemáticas y Ciencias como uno de los pilares de pensamiento científico» (p. 53750) en el área de Matemáticas y «Reconocer la mutua influencia entre ciencia, sociedad y desarrollo tecnológico, así como las conductas ciudadanas pertinentes, para procurar un futuro sostenible» (p. 53749) en el área de Ciencias Experimentales. Esto da lugar a que dichas menciones sean las expectativas sobre esta característica más frecuentes en las guías docentes. Cabe destacar la inclusión del contenido «El concepto STEAM en la didáctica de las Ciencias Experimentales. Fundamentos y experiencias de aula» encontrado dentro del tema «Ciencia, Tecnología y Sociedad» de la asignatura de Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias Experimentales de la Universidad de Rovira y Virgili.

En relación a la segunda subcategoría, uso de TIC, observamos que las guías docentes analizadas hacen referencia tanto a la importancia de que los futuros maestros sean competentes en el uso de estas tecnologías a nivel de usuario, como a que conozcan recursos TIC específicos para la enseñanza de contenidos matemáticos o científicos, y sepan utilizarlos e incluirlos en propuestas didácticas. A diferencia de la anterior subcategoría, encontramos mayor número de menciones del uso de TIC en los niveles curriculares de contenidos y metodología, por ejemplo, el contenido de «Las TICs en la enseñanza-aprendizaje de las Matemáticas» de la asignatura de Didáctica Numeración de la Estadística y el Azar en la Universidad de La Laguna, o dentro de la metodología, «se promoverá el uso de las TICs» de la asignatura Desarrollo Curricular de las Ciencias Experimentales de la Universidad de Valladolid.

Al distinguir entre áreas observamos diferencias en los resultados obtenidos (tabla VII). Las menciones al uso de las TIC son más frecuentes en las guías docentes de Matemáticas que en las de Ciencias Experimentales, mientras que la conexión con otras áreas STEM tiene mayor peso en las guías docentes de Ciencias, con una presencia casi

nula en los documentos del área TIC. No obstante, la diferencia entre áreas de esta última subcategoría es menor.

TABLA VII. Frecuencia de las subcategorías sobre interdisciplinariedad del uso de situaciones reales en los niveles curriculares para cada área

		Expectativas	Contenidos	Metodología	Evaluación	Total
Otras áreas STEM	Matemáticas (N=113)	175	5	4	2	186
	Ciencias Experimentales (N=102)	192	24	3	6	224
	TIC (N=22)	6	0	0	1	7
Uso de TIC	Matemáticas (N=113)	133	36	32	5	207
	Ciencias Experimentales (N=102)	89	13	21	1	124
	TIC (N=22)	-	-	-	-	-

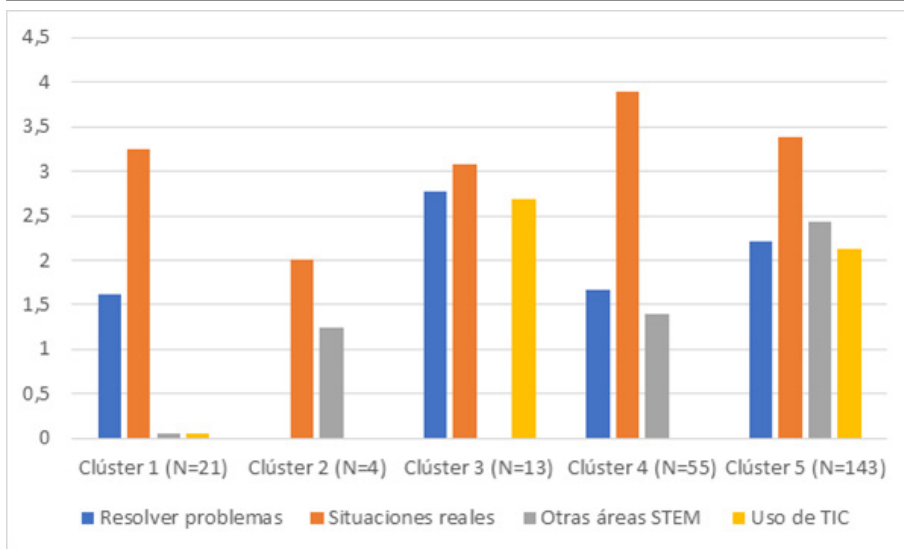
Fuente: Elaboración propia

Análisis clúster de las guías docentes según las características STEM

Como se ha visto en el apartado anterior, las referencias a las características STEM —resolución de problemas, situaciones reales, el uso de TIC y la relación con otras áreas STEM— están presentes en las guías docentes consideradas. Sin embargo, no en todos los documentos hay menciones a cada una de las características. Con el fin de obtener agrupaciones de guías docentes que presentan similitudes en relación a la presencia de las características STEM realizamos un análisis clúster. En concreto, dado que en la herramienta MAXQDA requiere precisar el método y número de clúster a priori, es decir, utiliza métodos no jerárquicos, el análisis se hizo aumentando el número de clúster hasta comprobar que los nuevos agrupamientos se producían dividiendo los grupos minoritarios. Dicho procedimiento nos llevó a identificar cinco clústeres presentados en el gráfico II, en donde concretamos el número de guías docentes que

pertenecen a cada clúster y la puntuación media de cada una de las características STEM.

GRÁFICO II. Clústeres de guías docentes según las características STEM



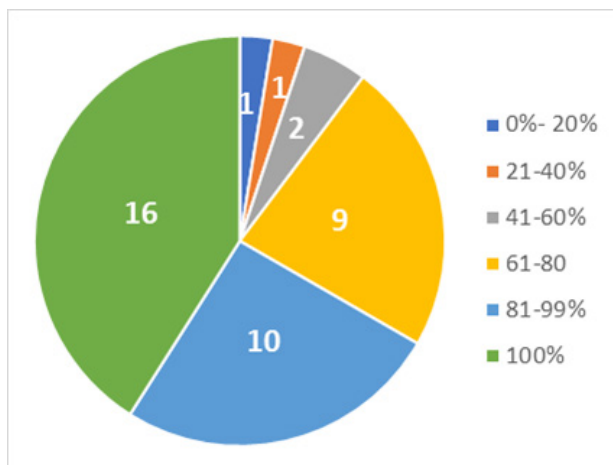
Fuente: Elaboración propia

Como podemos observar, el primer clúster se compone de 21 guías docentes en las que aparecen fundamentalmente las características resolución de problemas y situaciones reales. El segundo clúster 2, formado por cuatro guías docentes, es el de menor tamaño y se caracteriza porque únicamente aparecen las características de situaciones reales y otras áreas STEM en sus documentos. El tercer clúster, formado por trece guías docentes, se caracteriza por la ausencia de conexión entre áreas STEM, mientras que el cuarto clúster se compone de 55 guías en las que la única característica que no aparece es el uso de las TIC. Por último, encontramos el clúster más numeroso, en el que se incluyen 143 documentos donde están presentes todas las características STEM consideradas. En definitiva, las guías docentes de los clústeres 4 y 5 contemplan en sus guías docentes las tres características STEM analizadas: resolución de problemas, situaciones reales e interdisciplinariedad. La

presencia de guías docentes de las áreas de Matemáticas y Ciencias Experimentales en cada uno de los clústeres es similar, a excepción del tercer clúster, caracterizado por la ausencia de la característica conexión con otras áreas STEM, en el que hay mayor número de guías docentes del área de Matemáticas. Las asignaturas del área de TIC se encuentran repartidas de manera equilibrada entre el primer y cuarto clúster.

Una vez detectadas las guías docentes que contemplan todas las características STEM (clústeres 4 y 5), calculamos el porcentaje de documentos con estas características presentes en cada universidad. El gráfico III muestra que hay 16 de un total de 39 universidades públicas españolas con el 100% de guías docentes con las tres características STEM, 10 universidades con el 81-99% de guías docentes de estas características y solo una universidad con el 20%. Es decir, el 40% de las universidades mencionan las características STEM consideradas en todas sus guías docentes, mientras que las universidades que cuentan con menos de la mitad de guías docentes con estas características suponen aproximadamente el 12% de las universidades. No obstante, todas las universidades cuentan con al menos una guía docente con estas tres características.

GRÁFICO III. Distribución de universidades según el porcentaje de guías docentes de las áreas de Ciencias Experimentales, Matemáticas y TIC que presentan todas las características STEM



Fuente: Elaboración propia

Discusión y conclusiones

En este trabajo indagamos si en el actual plan de estudios que habilita para el ejercicio de la profesión de Maestro en Educación Primaria en España es posible implementar una educación STEM. Para ello, nos centramos en dos objetivos: describir la presencia de las áreas STEM en los títulos universitarios oficiales que habilitan para el ejercicio de la profesión de Maestro en Educación Primaria en España; e identificar la presencia de las características de la Educación STEM (resolución de problemas, situaciones reales e interdisciplinaridad) en las guías docentes de las asignaturas relacionadas con las áreas STEM de dicha titulación en las universidades públicas españolas.

En relación al primer objetivo, sólo las áreas STEM de Matemáticas y Ciencias están presentes en el plan de estudios a través de asignaturas propias, ya que son las únicas contempladas como disciplinas obligatorias dentro del módulo Didáctico Disciplinar por las directrices nacionales (MEC, 2007). Estas directrices no especifican el número de asignaturas o créditos que se han de contener cada una, sólo el número de créditos totales (100 ECTS) de dicho módulo, por lo que, aunque a nivel global la mediana de asignaturas es 3 y 2, y de créditos es 18 y 15 para las áreas de Matemáticas y Ciencias Experimentales respectivamente, existen grandes diferencias entre universidades. Sobre las áreas de Ingeniería y Tecnología, no existen asignaturas de carácter básico u obligatorio específicas, pero encontramos menciones a la Tecnología y TIC en las guías docentes de las asignaturas de Matemáticas y Ciencias Experimentales. Por otro lado, aunque una de las doce competencias generales que los maestros deben adquirir durante su formación inicial es «Conocer y aplicar en las aulas las tecnologías de la información y de la comunicación» (MEC, 2007, p. 53748), sólo 20 universidades cuentan con asignaturas específicas de TIC de carácter básico u obligatorio. Consideramos que una posible explicación a estos resultados radica en el currículo oficial de Educación Primaria (Ministerio de Educación Cultura y Deporte, 2014), donde la Ingeniería no se menciona, la Tecnología aparece dentro del área de Ciencias de la Naturaleza como un bloque de contenidos titulado «La tecnología, objetos y máquinas» (p. 17), y el área de Ciencias Naturales y Matemáticas son las únicas que se recogen como asignaturas troncales.

En cuanto al segundo objetivo, encontramos que de las tres características –resolución de problemas, situaciones reales e

interdisciplinariedad– la que mayor presencia tiene es la resolución de problemas, la cual aparece en todos los niveles curriculares. El resto de características, si bien están presentes en muchas de ellas, se encuentran principalmente en las expectativas de aprendizaje.

En relación a la interdisciplinariedad, según las directrices nacionales, dentro de las competencias generales que los maestros en formación deben adquirir se incluye «Conocer las áreas curriculares de la Educación Primaria, la relación interdisciplinar entre ellas» (MEC, 2007, p. 53747). Dado que en la mayoría de las ocasiones esta característica sólo aparece en el nivel curricular de expectativas de aprendizaje, surge la duda de si se trabajan realmente o estos documentos son demasiado breves y desarrollan fundamentalmente otros aspectos organizativos como tipos de actividades o criterios de calificación.

Finalmente, destacamos que más de la mitad de las guías docentes presentan todas las características STEM, y en 26 de las 39 universidades públicas que imparten la titulación del Grado de Maestro de Educación Primaria contienen en casi la totalidad de sus guías (más del 80%) todas estas características. No obstante, somos conscientes de que estos documentos no siempre reflejan la realidad de las clases, y en muchos casos son demasiado breves como para obtener información suficiente.

De los niveles de integración de las disciplinas STEM, Aguilera et al. (2021) recomiendan que durante la educación primaria se introduzcan propuestas multidisciplinares donde cada asignatura tiene sus propios objetivos pero se introducen tareas a través de un tema común, y en las que el profesor además de mostrar posibles repercusiones en la sociedad, hace explícita las distintas conexiones entre las disciplinas. Los resultados obtenidos sugieren la posibilidad de implementar este tipo de experiencias en la formación de maestros actual. Para llevar a cabo dicha propuesta sería conveniente que, al igual que en la experiencia de Bartels et al. (2019), los departamentos de Ciencias Experimentales y Matemáticas trabajen de forma coordinada para diseñar e incluir este tipo de propuestas, haciendo un esfuerzo por comprender en qué consiste la ingeniería y la contemplen en sus propuestas. Esto supone un gran desafío, en el que juega un papel muy importante la formación permanente del profesorado que imparte estas materias. Consideramos que los niveles superiores requerirían para su implementación una reforma sustancial en el plan de estudios, así como un cierto nivel de competencia STEM que los estudiantes actuales no presentan. Además, destacamos que en

ocasiones las propuestas educativas STEM incluyen una visión parcial de la Tecnología al hacer referencia exclusiva al uso de TIC (García-Carmona, 2020). Sería primordial que en una posible Educación STEM dentro del plan de formación de maestros no se fomente esta concepción errónea como se ha detectado en estudios previos (e.g., Barstels et al., 2019) incluyendo la Tecnología en toda su extensión.

Finalmente concluimos que, aunque la necesidad de colaboración del profesorado es uno de los obstáculos a la hora de realizar secuencias de enseñanza STEM (Margot y Kettler, 2019), sería adecuado superarlos e incluir experiencias STEM en la formación inicial de maestros como parte de las necesidades que se plantean a los docentes del siglo XXI. Consideramos complicado que los docentes pongan en práctica este tipo enseñanza si no han sido formados previamente. En este sentido este trabajo es un primer avance donde se muestra la compatibilidad de incorporar propuestas de educación STEM en el plan de estudios que habilita para el ejercicio de la profesión de Maestro en Educación Primaria en España.

Referencias bibliográficas

- Aguilera, D., Lupiáñez, J. L., Vílchez-González, J. M. y Perales-Palacios, F. J. (2021). In search of a long-awaited consensus on disciplinary integration in STEM education. *Mathematics*, 9, 597. <https://doi.org/10.3390/math9060597>
- Alan, B., Zengin, F. K. y Kececi, G. (2019). Using stem applications for supporting integrated teaching knowledge of pre-service science teachers. *Journal of Baltic Science Education*, 18(2), 158-270. <https://doi.org/10.33225/jbse/19.18.158>
- Bartels, S. L., Rupe, K. M. y Lederman, J. S. (2019). Shaping Preservice Teachers' Understandings of STEM: A Collaborative Math and Science Methods Approach. *Journal of Science Teacher Education*, 30(6), 6, 666–680. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2019.1602803>
- Bergsten, C. y Frejd, P. (2019). Preparing pre-service mathematics teachers for STEM education: an analysis of lesson proposals. *ZDM*, 51(6), 941-953. <https://doi.org/10.1007/s11858-019-01071-7>

- Bogdan, 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>
- Bowen, G. A. (2009). Document analysis as a qualitative research method. *Qualitative Research Journal*, 9(2), 27-40. <https://doi.org/10.3316/QRJ0902027>
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education challenges and opportunities*. Washington, DC: National STEM Teachers Association.
- Casis, M., Rico, N. y Castro, E. (2017). Motivación, autoconfianza y ansiedad como descriptores de la actitud hacia las Matemáticas de los futuros profesores de educación básica de Chile. *PNA*, 11(3), 181-203. <https://doi.org/10.30827/pna.v11i3.6073>
- Dare, E. A., Ring-Whalen, E. A. y Roehrig, G. H. (2019). Creating a continuum of STEM models: Exploring how K-12 science teachers conceptualize STEM education. *International Journal of Science Education*, 41(12), 1701-1720.
- English, L. D. (2016). STEM education K-12: Perspectives on integration. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 3. <http://doi.org/10.1186/s40594-016-0036-1>
- Fomunyan, K. G. (2020). Introductory chapter: Theorising STEM Education in the contemporary society. En K. G. Fomunyan (Eds.), *Theorizing STEM Education in the 21st Century* (pp. 1-5). Londres: IntechOpen.
- Fraenkel, J. R., Wallen, N. E. y Hyun, H. H. (2011). *How to design and evaluate research in education*. Nueva York, NY: McGraw-Hill.
- García-Carmona, A. (2020). STEAM, ¿una nueva distracción para la enseñanza de la ciencia? *Ápice. Revista de Educación Científica*, 4(2), 35-50. <https://doi.org/10.17979/arec.2020.4.2.6533>
- Hernández, L. (2011). Experiencias de formación e innovación en educación infantil, primaria y secundaria. En J. J. Maquilón (Coord.), *La formación del profesorado en el siglo XXI: Propuestas ante los cambios económicos, sociales y culturales* (pp. 1-19). Murcia: Universidad de Murcia.
- Kelley, T. R., y Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 1-11.
- Kennedy, T. y Odell, M. (2014). Engaging students in STEM education. *Science Education International*, 25(3), 246-258.

- Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, F. J. y Vílchez-González, J. M. (2019). What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature. *Science Education*, 103(4), 799-822.
- Margot, K. C. y Kettler, T. (2019). Teachers' perception of STEM integration and education: a systematic literature review. *International Journal of STEM Education*, 6(1), 1-16. <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0151-2>
- Ministerio de Educación y Ciencia (2007). Orden ECI/3857/2007, 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 la profesión de Maestro en Educación Primaria. Boletín Oficial del Estado, 312, 53747-53750.
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. (2014). Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria. Publicado en Boletín Oficial del Estado nº 52, del 1 de marzo de 2014. España. Recuperado el 29 de enero de 2021, de <http://www.boe.es/boe/dias/2014/03/01/pdfs/BOE-A-2014-2222.pdf>
- Mpofu, V. (2020). A Theoretical Framework for Implementing STEM Education. En K. G. Fomunyam (Eds.), *Theorizing STEM Education in the 21st Century*. Londres: IntechOpen.
- Rico, L. (2013). Antecedentes del Análisis Didáctico en Educación Matemática. En L. Rico, J. L. Lupiáñez, M. Molina (Eds.), *Análisis Didáctico en Educación Matemática. Metodología de investigación, formación de profesores e innovación curricular* (pp. 23-58). Granada: Comares.
- Rico, L., Gómez, P. y Cañadas, M. C. (2014). Formación inicial en educación matemática de los maestros de Primaria en España, 1991-2010. *Revista de Educación*, 363, 35-59. <https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2012-363-169>.
- Shaughnessy, J. M. (2013). Mathematics in a STEM context. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 18(6), 324.
- Tyler, R. (1986). *Principios básicos del currículo*. Buenos Aires: Troquel.

Información de contacto: Ana B. Montoro. Universidad de Granada, Facultad de Ciencias de la Educación, departamento de Didáctica de la Matemática. Calle Prof. Vicente Callao, s/n. Facultad de Ciencias de la Educación, 18011, Granada, España. E-mail: amontoro@ugr.es