



Análisis del impacto de un programa formativo STEM en los modelos mentales y la actitud de docentes en formación

Analysis of STEM training program's impact on mental models and attitude of teachers in training

Araceli García-Yeguas, M^a Dolores Arias, Francisco González-García y David Aguilera

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Granada, España

Resumen

La educación STEM cada vez produce más interés en el ámbito educativo. En la literatura podemos encontrar distintas definiciones, haciendo que su comprensión pueda resultar dispersa. En este trabajo analizamos la actitud de los docentes hacia este enfoque educativo y el modelo mental con el que lo conciben antes y después de vivenciar un programa formativo STEM. La muestra está compuesta por docentes del Grado de Educación Primaria en formación de la Universidad de Granada. Para conocer la actitud hacia STEM se ha usado el cuestionario TatSTEM con un pretest y un postest. Para analizar los modelos conceptuales se ha usado la clasificación "STEM como acrónimo", "Resolución de problemas de la vida real como contexto", "Ciencia como contexto", "STEM como disciplinas separadas", "Disciplinas integradas" e "Ingeniería como contexto". Los resultados muestran una mejora en la actitud hacia STEM tras la formación propuesta. Por otro lado, los modelos STEM han evolucionado desde modelos más simplista a modelos más complejos, produciendo un gran cambio respecto a STEM como disciplinas integradas.

Palabras clave: Educación STEM; formación de profesorado; actitudes; modelo conceptual.

Abstract

STEM education is producing more interest in the educational field. In the literature we can find different definitions, making their understanding may be scattered. In this work we analyze the attitude of teachers towards this educational approach and to know the mental model they conceive of STEM before and after experiencing a STEM training program. The sample is made up of pre-service teachers of the Primary Education Degree. To know the attitude towards STEM, the TatSTEM questionnaire has been used with a pretest and a posttest. To analyze the conceptual models, the classification "STEM as an acronym", "Real-life problem solving as a context", "Science as a context", "STEM as separate disciplines", "Integrated disciplines" and "Engineering as context" has been used. The results have shown an improvement in the attitude towards STEM after the proposed training. On the other hand, STEM models have evolved from more simplistic models to more complex models, producing a great change regarding STEM as integrated disciplines.

Keywords: STEM education; teachers' training; attitudes; conceptual model.

Fecha de recepción: 19/10/2023

Fecha de aceptación: 17/02/2023

Correspondencia: David Aguilera, Universidad de Granada, España
Email: davidaguilera@ugr.es

Introducción

La respuesta a la pregunta “¿Qué es STEM?” puede variar en función de la perspectiva que se adopte. Si profundizamos en el término STEM, observamos que éste surge de la National Science Foundation (NSF), muy ligado a la política del gobierno estadounidense (Breiner et al., 2012), por esa razón, podemos indicar que su significado también está sujeto a objetivos políticos. Varios autores respaldan esta idea, como Domènech (2019), que define una serie de objetivos políticos encaminados a: (1) motivar el gusto por la ciencia y la tecnología y la autoeficacia de los alumnos; (2) deshacerse del sesgo económico y de género que impide el acceso a estas ramas; y (3) crear una sociedad competente en la investigación e innovación. En este sentido, autores como Güemes González, (2020), afirman que el modelo STEM es aquel que tiene como finalidad dar respuesta a los problemas económicos existentes en todas las sociedades, reconocer qué necesidades muestran los individuos frente a las nuevas habilidades requeridas en los ámbitos laboral y social actuales, además de subrayar la importancia de una correcta alfabetización científica del alumnado, que permita la solución de los problemas medioambientales y tecnológicos de nuestra sociedad.

La evolución educativa actual promueve que la educación sea fundamental en la sociedad y la economía, llevando hacia una mayor complejidad la relación con lo personal, familiar, laboral, político y económico (López-Rupérez, 2022). Se observa que la apuesta por la enseñanza y el aprendizaje integrados es clara en la Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica a la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOMLOE) que configura el nuevo currículum de Primaria, Secundaria y Bachillerato. En su *Artículo 9. Competencias clave y Perfil de salida del alumnado al término de la enseñanza básica*, la competencia c) se define como: *Competencia matemática y competencia en ciencia, tecnología e ingeniería*, en alusión directa a la competencia STEM. Recientemente Aguilera (2022) analiza las oportunidades que se brindan en el currículum definido por la LOMLOE para la educación STEM, encontrando 16 oportunidades STEM que pueden permitir implementar este enfoque educativo en las aulas de Infantil, Primaria y Secundaria. Igualmente, parece que este enfoque de enseñanza integrado y de carácter competencial se ajustaría a las necesidades del profesorado en formación inicial (Sánchez-Cabrero & Pericacho-Gómez, 2021).

Ante esta situación, es de especial importancia que los futuros docentes apliquen otros enfoques de enseñanza, como la Educación STEM, que motiven al alumnado (futuros ciudadanos) en el aprendizaje y que proporcionen una enseñanza significativa y aplicable a la vida real. Sin olvidar que la actuación docente habría de estar basada en evidencias científicas (Sánchez-Martín et al., 2022). Algo que parece refrendar, en el caso del enfoque STEM, estudios como el de Lee et al. (2023).

El presente estudio

Ante el panorama descrito, la formación del profesorado de ciencias ha de adaptarse a los modelos didácticos emergentes como es el caso de la educación STEM. Por tanto, en esta investigación nos planteamos como objetivo estudiar la influencia de una experiencia formativa dirigida a maestros en formación y centrada en la educación STEM. Así, formulamos las siguientes preguntas de investigación:

- (1) ¿Varía su actitud hacia la educación STEM tras esta formación?
- (2) ¿Influye el sexo en la actitud hacia este enfoque educativo?
- (3) ¿Cómo afecta la experiencia formativa en su conceptualización de la educación STEM?

Marco teórico

Educación STEM

Al hablar de la educación STEM nos referimos a un enfoque o modelo educativo que supone un grado de integración mayor al que presentan la enseñanza tradicional de las disciplinas STEM (ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas) y que permite dar respuesta a problemas reales (Lavob et al., 2010). En esta línea, Breiner et al. (2012) señalan la forma en que trabajan los profesionales STEM, por ejemplo, profesionales de la física o la ingeniería que, a pesar de calificarse como tal, necesitan un profundo

conocimiento y dominio del resto de disciplinas, para ser capaces de desarrollar su trabajo satisfactoriamente. Esto no podría suceder de otra forma más que a través de una enseñanza y un aprendizaje integrados (Aguilera et al., 2021). Son muchas las definiciones de educación STEM que se relacionan con la idea de integración. Li et al. (2017) la consideran una integración interdisciplinar efectiva de distintas disciplinas (ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas). Sanders (2009) hace uso del término Educación STEM Integradora, donde la educación STEM supone la cohesión entre dos o más disciplinas (STEM), o entre una disciplina STEM con otras materias escolares. En este sentido y desde nuestra postura, coincidimos con Martín-Páez et al. (2019) al estimar más coherente y pertinente hablar de educación STEM cuando convergen los cuatro dominios en una misma situación de aprendizaje.

La idea de integración disciplinar está ligada a la resolución de problemas de la vida cotidiana. Así, Vasquez et al. (2013) hacen hincapié en la interdisciplinariedad que supone un enfoque STEM de aprendizaje, integrando disciplinas a partir de problemas de la vida real, ofreciendo un aprendizaje más significativo a los estudiantes. Para Li et al. (2017) la educación STEM supone la creación de un conjunto orgánico que surge ante la necesidad de dar respuesta a problemas reales y que permite adquirir el conocimiento a través de la práctica, cultivando el desarrollo del pensamiento crítico y lógico.

Este nuevo enfoque educativo ha llegado a considerarse incluso una meta-disciplina, pues es capaz de unificar en una misma aplicación las diferentes áreas STEM, creando nuevo conocimiento en su conjunto (Zollman, 2012). Sin embargo, se ha postulado de forma convincente la ausencia de una epistemología propia de la educación STEM (Akerson et al., 2018), aunque sí podamos aludir a ella de forma figurada, pues fruto de la integración disciplinar subyacen conocimientos, destrezas y actitudes que se unifican en el constructo de alfabetización STEM (Ortiz-Revilla et al., 2022).

En definitiva, a pesar de haber definiciones bien delimitadas, la complejidad de la integración disciplinar y los intereses de cada quien (Breiner et al., 2012) han favorecido cierta confusión en los educadores (Dare et al., 2019; Sanders, 2009).

Modelos mentales de educación STEM

La forma en la que una persona entiende un concepto o fenómeno es expresada a través de modelos mentales, modelos que se enriquecen con las nuevas informaciones recibidas. Moreira (1997) define los modelos mentales como aquellas construcciones firmes, claras, concretas y coherentes con el conocimiento de una comunidad que lo comparte. Dichas construcciones podrían ser “un artefacto indicando el funcionamiento de una bomba de agua, la analogía entre el átomo de Rutherford y el Sistema Solar o formulaciones matemáticas (...)” (Greca & Moreira, 1998, p. 113). El modelo mental de una persona reproduce el concepto tal y como este lo ve, pues solo es capaz de observar aquello que comprende, se trata de una representación del mundo desde su propio punto de vista (von Glasersfeld & Steffe, 1991).

Respecto al modelo mental sobre el enfoque STEM, Ring et al. (2017) señala la importancia de conocer el modelo que posee cada docente, para así ayudar en la puesta en marcha de experiencias satisfactorias que se lleven a cabo dentro del aula. En una primera recopilación de modelos mentales sobre STEM, Ring et al. (2017) formulan ocho modelos para describir la educación STEM a partir de las percepciones del profesorado participante. En primer lugar tenemos *STEM como un acrónimo*, donde la tecnología y la ingeniería pasan a un segundo plano y se adopta un modelo de enseñanza tradicional para las ciencias o matemáticas, sin relación entre ellas. La *resolución de problemas reales como contexto*, supone la relación entre la educación STEM y la vida real, enseñar conceptos relevantes para su día a día. La *ciencia como contexto*, entiende que STEM supone la enseñanza de conceptos científicos ayudándose de las otras disciplinas (tecnología, ingeniería y matemáticas) cuando sea necesario. El modelo *disciplinas separadas*, no plantea la relación significativa o sustancial de las mismas, en cambio, STEM como *disciplinas integradas*, implica la convergencia de la ciencia, matemáticas, tecnología e ingeniería para la enseñanza. El *proceso de diseño de ingeniería como contexto*, que implica el aprendizaje de ciencia y matemáticas a través del uso de la tecnología. Por otro lado, el *proceso de diseño de ciencia e ingeniería* otorga la misma importancia a los conceptos de ciencias e ingeniería ayudándose de la tecnología y las matemáticas cuando sea necesario. Y por último, el modelo de *ingeniería como contexto*, otorga a la ingeniería un papel principal en la educación STEM, acudiendo al resto de disciplinas cuando sea necesario.

Actitudes del profesorado hacia STEM

Es inevitable tener ciertas dudas e inseguridades hacia los nuevos modelos educativos, de ahí la importancia de analizar las actitudes que los docentes, en ejercicio y en formación, evidencian hacia un enfoque educativo emergente como es la educación STEM. Sin embargo, la incertidumbre ante los cambios educativos ha de impulsar la búsqueda, por parte de los docentes, de nuevos estilos y modelos educativos que eviten su frustración (Castellanos-Vega et al., 2022).

La actitud se relaciona estrechamente con la tendencia del comportamiento, la forma de pensar, sentir y percibir los objetos. Se señala, además, la existencia de diferencias entre el comportamiento, el sentimiento y el pensamiento, lo que puede llevar al docente a usar nuevas metodologías o herramientas didácticas sin pensar realmente sobre su idoneidad o aplicarlas aun sintiendo inseguridad e, incluso, desconociendo sus fundamentos teóricos y prácticos (Useda & González, 2015).

Podría decirse que la actitud que muestren los docentes frente a la educación STEM influirá en la forma de diseñar y aplicar este tipo de intervenciones. Cabe destacar el estudio sobre actitud y necesidades docentes hacia STEM de Arabit y Prendes (2020), en el que participaron docentes de siete colegios de Educación Primaria de Murcia, donde el 95.5% de ellos coincidían en la importancia de la enseñanza STEM en la etapa de Educación Primaria. Además, un alto porcentaje de docentes (41.5%) afirmaban que el modo en que se imparten las áreas STEM carece de motivación para el alumnado, resaltando al respecto la carencia de recursos (81.8%) o aulas específicas que faciliten el trabajo (93.9%). Finalmente, remarcaban en su estudio la necesidad de ofrecer a los docentes una formación adecuada que los capacitara para aplicar modelos educativos innovadores como la educación STEM.

La misma idea se repite en los estudios de Bartels y Rupe (2019), donde se observó que algunos docentes mantenían cierta actitud de incertidumbre sobre la correcta definición de este enfoque, a pesar de que ya habían llevado a cabo actividades docentes basadas en este. Igualmente, Dare et al. (2018) mostraron que los docentes que aplicaban el enfoque STEM se sentían incómodos e inseguros al intentar integrar las matemáticas con la ingeniería. La razón que los autores señalan es que podría deberse a la falta de formación en dichas disciplinas, pues al tratarse de maestros de ciencias tuvieron la necesidad de colaborar con docentes de los ámbitos tecnológico y matemático.

Método

Diseño

Se ha utilizado un diseño pre-experimental (cuantitativo) en el que se ha empleado una estrategia de comparación y obtención de datos intra-sujetos (longitudinal) a partir de las mediciones realizadas en el pretest y posttest (Judd & Kenny, 1981).

Participantes

Los población objeto de estudio fueron 48 estudiantes de la asignatura de Ciencias Experimentales y Transversalidad (optativa), presente en el 4º curso del Grado de Educación Primaria de la Universidad de Granada. Sin embargo, la muestra se redujo a 42 estudiantes (seis hombres y 36 mujeres) con una edad media de 22.64 años, dado que seis estudiantes no completaron el pretest o el posttest. No había alumnado con necesidades educativas especiales y no hubo selección aleatoria de participantes al tratarse de un grupo natural.

Procedimiento

La intervención se describe en la Tabla 1 conforme a los descriptores de TIDieR (Hoffman et al., 2014). La experiencia STEM se tituló “Un robot como árbitro”. Se planteó una situación problemática dirigida a encontrar un modo objetivo de detección de goles, para ello se señaló que el material del que disponían era un mBot (robot educativo). Así, inicialmente los equipos iniciaron un proceso exploratorio a fin de conocer las características y especificaciones del mBot. Este proceso exploratorio, guiado por el profesorado participante, se centró en el sensor de ultrasonidos que nos llevó a trabajar los conceptos de ultrasonidos, onda y frecuencia; indagando sobre las aplicaciones de estas ondas mecánicas que realizan diversos animales (delfín, murciélago, rana...) y diferentes tecnologías ampliamente

desarrolladas y utilizadas en diferentes áreas (medicina, ingeniería, química...). Todo ello, por tanto, condujo la resolución del problema hacia el desarrollo de una herramienta (programación específica del mBot) para detectar cuando la pelota sobrepasaba la línea de gol en una portería, además de ajustar las dimensiones de la portería a las especificaciones de la tecnología disponible.

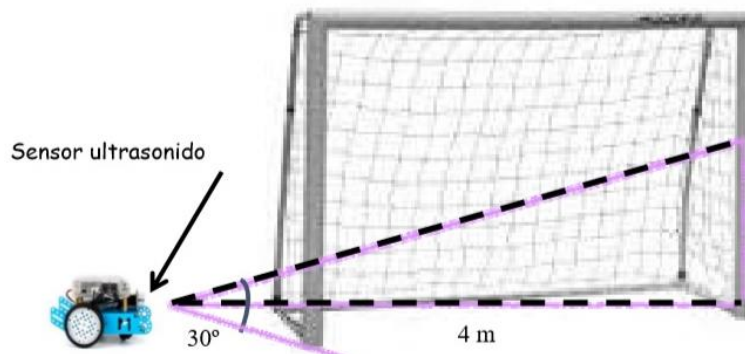
Tabla 1

Descripción de la intervención según TIDieR (Hoffman et al., 2014)

Descriptor/nº ítem	Descripción
Denominación	
1	Un robot como árbitro
Por qué	
2	Desarrollar habilidades relacionadas con el pensamiento computacional y el diseño de ingeniería a partir de un contexto auténtico, que requiera la integración de conocimientos STEM.
Qué	
3	Se utilizaron un mBots y un ordenador portátil por grupo, además de material de dibujo para realizar los planos de la portería y papel milimetrado. Luego, a elección de cada equipo, se usaron materiales (reutilizados o reciclados) para construir la portería.
4	La primera sesión se dedicó a desarrollar el pretest, presentar la propuesta didáctica, atendiendo a los fundamentos teóricos de la educación STEM, y crear los equipos de trabajo. La segunda y la tercera sesión se correspondieron con la resolución del problema de ingeniería planteado. Se trabajaron contenidos de: (1) ciencias (ultrasonido, frecuencia, onda y longitud de onda); (2) tecnología (lenguaje de programación Scratch); (3) ingeniería (diseño de portería según especificaciones y limitaciones del mBot); y (4) matemáticas (geometría, longitudes, escalas, instrumentos de medida convencionales y no convencionales). La cuarta sesión se destinó a la exposición de las soluciones alcanzadas por cada equipo y al testeo de los prototipos. Finalmente, se aplicó el postest.
Qué proporciona	
5	Competencia STEM y conocimiento didáctico sobre el enfoque educativo STEM.
Cómo	
6	Presencial. Metodologías implementadas aprendizaje basado en problemas, diseño de ingeniería y aprendizaje cooperativo. Los estudiantes trabajaron en grupos (4-5 estudiantes).
Dónde	
7	Universidad de Granada. Facultad de Ciencias de la Educación. Grado de Educación Primaria. 4º curso. Asignatura Ciencias Experimentales y Transversalidad. Se usaron laboratorios (1 sesión) y aulas (3 sesiones).
Cuándo y cuánto tiempo	
8	Curso académico 2019/20. Primer semestre (noviembre-diciembre). Cuatro semanas. Una sesión por semana (2h/semana).

Instrumentos

La actitud de los futuros docentes hacia la educación STEM se ha medido a través de la implementación del cuestionario TAatSTEM (Aguilera et al., 2021) donde se utiliza una escala Likert de uno a seis para comprobar el nivel de acuerdo o desacuerdo. Concretamente, el cuestionario está conformado por 20 ítems agrupados en cuatro dimensiones: interés "D1", autoeficacia "D2", valor "D3" y compromiso "D4". Los datos recogidos mediante este instrumento arrojaron un valor de 0.92 para Alfa de Cronbach, denotando una fiabilidad excelente.

Figura 1*Robot, localización y amplitud del sensor ultrasonidos*

Los modelos conceptuales de los maestros en formación sobre la educación STEM se han recogido de acuerdo al protocolo establecido por Ring et al. (2017), de modo que se les pidió realizar un dibujo del modelo que para ellos representaba al enfoque STEM.

Análisis de datos

Las variables analizadas han sido las siguientes: actitud hacia la educación STEM y el modelo mental del profesorado en formación sobre la educación STEM. La primera se ha analizado cuantitativamente con el software SPSS Statistics v.20; mientras que la segunda se ha analizado de forma cualitativa, aplicando las ocho categorías propuestas por Ring et al. (2017). Este proceso fue desarrollado por dos de los autores de forma independiente, obteniendo un grado de acuerdo del 100% en la categorización.

Se han aplicado análisis descriptivos (mínimos, máximos, medias y desviaciones típicas) y análisis inferenciales (prueba de rangos con signo de Wilcoxon y U de Mann-Whitney) a fin de contrastar las diferencias existentes entre los resultados del pretest y el postest ($p < .05$) y conforme al sexo para la actitud hacia la educación STEM. También se han calculado los tamaños del efecto (TE) d de Cohen para aquellos cambios significativos, a fin de cuantificar la incidencia de la intervención diseñada. Estos se han interpretado de acuerdo a los rangos establecidos por Cohen (1988), de modo que el TE se considera pequeño con valores próximos a 0.2, moderado para valores en torno a 0.5 y grande para resultados cercanos o superiores a 0.8. Igualmente, se han calculado las frecuencias absolutas y relativas para los modelos conceptuales sobre el enfoque STEM.

Resultados y discusión

Actitud hacia la educación STEM

Los resultados obtenidos a través del cuestionario actitud hacia la educación STEM se presentan en la Tabla 2. Se observan mejoras significativas en los ítems 1 “Me gusta leer artículos, libros o noticias sobre educación STEM” y 2 “Disfruto viendo vídeos (en tv, YouTube...) sobre educación STEM”. Estos efectos son moderados según el TE (0.45). A la luz de estos resultados podría decirse que, tras haber experimentado una formación en educación STEM, el interés hacia este enfoque educativo de los futuros maestros ha aumentado ligeramente. En este sentido, puede atisbarse un efecto techo en los resultados de esta dimensión. Así, ha de remarcarse que los alumnos cursaban la asignatura (optativa) por voluntad propia y, a priori, por un interés intrínseco hacia la enseñanza de las ciencias. Ello queda patente en los resultados obtenidos en el pretest para el ítem 3 “Me resultan interesantes los programas educativos STEM” ($\bar{x} = 4.95$).

Respecto a la dimensión “Autoeficacia” (ítems del 6 al 10, Tabla 2), observamos que la percepción de los futuros maestros mejora significativamente, arrojando TE moderados (ítems 9 y 10) y grandes (ítems 6 y 7). Concretamente, el ítem 6 “Tengo claro el enfoque didáctico con el que diseñar mis propuestas educativas STEM” reflejaba una autoeficacia baja en el pretest ($\bar{x} = 2.74$) que ha mejorado notablemente

(\bar{x} = 4.10, TE = 1.18) tras la experiencia formativa. Por tanto, puede inferirse que el hecho de proveer una experiencia previa en proyectos integrados STEM mejora la percepción sobre su capacidad para diseñar e implementar este tipo de proyectos educativos. Igualmente, el ítem 7 (“Considero que es fácil diseñar una propuesta educativa STEM”), el 9 (“Confío en mis conocimientos sobre ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas para implementar con éxito una propuesta STEM”) y el 10 (“Tengo facilidad para vincular contenidos de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas”) evidencian una mejora sustancial en su percepción sobre el conocimiento didáctico del contenido. Estos resultados se alinean con aquellos obtenidos por Abdulwali et al. (2019), quienes obtuvieron unos resultados similares en una muestra constituida por profesorado de Matemáticas.

Tabla 2*Descriptivos pre y post-test (n = 42)*

		MÍN.	MÁX.	\bar{x}	D.T.	Z	p	T.E.
Item 1	PRE	1	6	3.45	1.173	-2.967	0.003	0.458
	POST	1	6	4.00	1.230			
Item 2	PRE	1	6	3.40	1.398	-3.088	0.002	0.456
	POST	1	6	4.00	1.230			
Item 3	PRE	1	6	4.95	1.125	-0.164	0.869	-
	POST	1	6	5.00	1.269			
Item 4	PRE	3	6	5.24	0.850	-1.331	0.183	-
	POST	1	6	5.07	1.218			
Item 5	PRE	2	6	4.43	1.151	-1.386	0.166	-
	POST	1	6	4.71	1.274			
Item 6	PRE	1	5	2.74	1.170	-4.707	0.000	1.186
	POST	1	6	4.10	1.122			
Item 7	PRE	1	4	2.36	0.983	-3.975	0.000	0.784
	POST	1	6	3.17	1.080			
Item 8	PRE	2	6	4.07	1.156	-0.770	0.442	-
	POST	1	6	4.19	1.065			
Item 9	PRE	1	5	3.60	1.170	-2.174	0.030	0.339
	POST	1	6	3.98	1.070			
Item 10	PRE	1	6	3.36	1.246	-3.686	0.000	0.630
	POST	1	6	4.10	1.100			
Item 11	PRE	2	6	4.69	1.000	-1.578	0.115	-
	POST	1	6	4.93	1.156			
Item 12	PRE	2	6	5.02	0.950	-0.235	0.814	-
	POST	2	6	5.00	1.148			
Item 13	PRE	2	6	5.21	0.925	-0.426	0.670	-
	POST	2	6	5.17	0.908			
Item 14	PRE	3	6	5.36	0.759	-0.229	0.819	-
	POST	1	6	5.31	1.070			
Item 15	PRE	3	6	5.00	0.855	-0.447	0.655	-
	POST	3	6	5.05	0.854			
Item 16	PRE	3	6	5.21	0.750	-0.018	0.986	-
	POST	1	6	5.19	1.065			
Item 17	PRE	3	6	4.88	0.942	-1.058	0.290	-
	POST	2	6	4.74	0.989			
Item 18	PRE	3	6	5.19	0.804	-0.346	0.729	-
	POST	4	6	5.24	0.726			
Item 19	PRE	3	6	5.31	0.715	-0.951	0.342	-
	POST	3	6	5.19	0.862			
Item 20	PRE	3	6	5.21	0.782	-0.248	0.804	-
	POST	2	6	5.14	1.026			

Nota. MIN: mínimo; MÁX: máximo; \bar{x} : media; D.T.: desviación típica; Z: prueba Z; p: probabilidad; T.E. tamaño del efecto

Si tenemos en cuenta la variable sexo en el análisis de las actitudes hacia la educación STEM, únicamente se han encontrado diferencias significativas entre futuros maestros y maestras en el pretest y en los ítems 7 ($M_v = 3.17$, D.T. = 0.408; $M_m = 2.22$, D.T. = 0.989; $Z = -2.244$, $p < .05$) y 10 ($M_v = 4.50$, D.T. = 1.225; $M_m = 3.17$, D.T. = 1.159; $Z = -2.426$, $p < .05$). Todos ellos relacionados con la percepción de su autoeficacia en el marco de la enseñanza integrada STEM. Concretamente, los maestros en formación demuestran más autoeficacia que las maestras en formación. Ello parece indicar que las maestras suelen infravalorar, en primera instancia, sus capacidades y posibilidades relacionadas con la enseñanza integrada de los dominios STEM, al contrario que los maestros. Sin embargo, las diferencias que fueron identificadas en el pretest desaparecieron tras cursar el programa formativo. Hecho que refleja la resiliencia de las maestras en formación, además de ser coherente con su compromiso (al mismo nivel que el de los maestros en formación).

En cuanto a la relevancia del enfoque educativo STEM (ítems del 11 al 15, Tabla 2), observamos que en el pretest ya se obtuvieron valores altos y, en consecuencia, el programa formativo no logró mejorarlos. Estos resultados podrían compararse con la dimensión “relevancia percibida” del estudio de Abdulwali et al. (2019). Al igual que en nuestro estudio, el profesorado de matemáticas refleja una percepción muy positiva del enfoque STEM en el pretest y, por tanto, no se produce una variación significativa. Esta interpretación puede aplicarse al compromiso con la implementación del enfoque STEM (ítems del 16 al 20, Tabla 2). Tanto es así que los futuros docentes demuestran desde el inicio un elevado compromiso con la formación permanente (ej.: Ítem 16 “Me gustaría aprender más contenidos útiles para mi profesión sobre ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas” e ítem 18 “Creo necesario actualizar mis conocimientos didácticos sobre ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas”) y la puesta en marcha de proyectos educativos STEM (ej.: Ítem 20 “Estoy dispuesto a implementar propuestas educativas STEM con mis alumnos”).

Muchos de los estudiantes, previo al programa formativo, no conocían el enfoque STEM en detalle. Tras haber cursado esta formación han podido aprender qué es la educación STEM y cómo se desarrolla un proyecto de naturaleza integrada. La programación ha tenido una duración corta-media (cuatro sesiones distribuidas en dos meses), sin embargo, ha producido un efecto positivo en la autoeficacia y el interés por la educación STEM.

Modelos mentales de la educación STEM

La Tabla 3 muestra las frecuencias de los diferentes modelos sobre la educación STEM identificados en el pretest y el postest. En cuanto al análisis de los modelos según el sexo, no se han obtenido diferencias significativas en el pretest y el postest.

Primero, hemos de considerar que los modelos “Disciplinas integradas” y “Resolución de problemas de la vida real como contexto” son aquellos que reflejarían una percepción más adecuada de la educación STEM (Dare et al., 2019; Ring et al., 2017). Luego, se ha de tener en cuenta que algunas personas no tienen un modelo mental definido sobre la educación STEM, de modo que no es posible ajustarlos a aquellos de los establecidos por Ring et al. (2017). Todos estos casos se clasificaron en la categoría “No asignable”.

Toma y Retana-Alvarado (2021) hicieron un estudio similar ($n = 26$), usando el mismo protocolo (Ring et al., 2017) para estudiar los modelos sobre educación STEM del profesorado en formación, como en nuestro estudio. Con respecto al modelo STEM como “acrónimo” en este estudio se ha pasado de 7 a 6 participantes, mientras que Toma y Retana-Alvarado (2021) pasaron de 5 a 0. En este caso la variación conseguida por estos autores es grande, si la comparamos con este estudio. La propuesta de Toma y Retana-Alvarado (2021) tuvo tres sesiones más. Se realizaron diversas actividades en este trabajo con distintas temáticas, a diferencia de este trabajo, donde se realizó una sola propuesta, partiendo de un problema y usando de forma integrada todas las áreas STEM. Es posible que esto afectara en el cambio que se produjo en el modelo de los participantes de Toma y Retana-Alvarado (2021), frente al trabajo aquí descrito. El modelo “resolución de problemas” ha pasado de 1 a 4 en este caso y Toma y Retana-Alvarado (2021) de 1 a 5. En este caso la formación ha tenido un efecto similar en los participantes. En el modelo “la ciencia como contexto”, en nuestro estudio se ha mantenido con

un participante. En el caso de Toma y Retana-Alvarado (2021) pasaron de 2 a 0. Partieron de un número mayor de participantes que elegían este modelo, pero tras la formación ninguno lo eligió.

Tabla 3

Frecuencia de modelos STEM en el pre y postest (n = 42)

Modelos		F.	%	F. (Toma & Retana-Alvarado, 2021)
STEM como acrónimo	PRE	7	16.7	5
	POST	6	14.3	0
Resolución de problemas de la vida real como contexto	PRE	1	2.4	1
	POST	4	9.5	5
Ciencia como contexto	PRE	1	2.4	2
	POST	1	2.4	0
STEM como disciplinas separadas	PRE	6	14.3	8
	POST	5	11.9	8
Disciplinas integradas	PRE	12	28.6	6
	POST	18	42.9	5
Ingeniería como contexto	PRE	1	2.4	-
	POST	0	0	-
No asignable	PRE	14	33.3	-
	POST	8	19	-

Nota. F.: frecuencia absoluta; %: porcentaje.

En el caso “STEM como disciplinas separadas”, en este trabajo se pasó de 6 a 5, sin embargo, Toma y Retana-Alvarado (2021) continuaron con 8 participantes, como al inicio. En el caso de “disciplinas integradas” en este estudio se pasó de 12 a 18, mientras que Toma y Retana-Alvarado (2021) disminuyeron, pasando de 6 a 5. Esto implica, que tras la formación recibida en este trabajo, el alumnado consiguió entender el modelo STEM como la integración de las disciplinas. Esto pudo ser debido a que solamente se trató un problema, pero en el que se tuvieron que integrar las cuatro disciplinas para resolverlo. Dare et al. (2019) y Ring et al. (2017) obtuvieron resultados similares respecto a las conceptualizaciones STEM como acrónimo o como disciplinas separadas, siendo estas las predominantes. Radloff y Guzay (2016) obtuvo resultados más consistentes con las disciplinas integradas, como se ha obtenido en este trabajo en el postest. En el caso de Radloff y Guzay (2016) el estudio se hizo siguiendo un protocolo más guiado, sin embargo, vistas las diferencias con Toma y Retana-Alvarado (2021), Dare et al. (2019), Ring et al. (2017) y Radloff y Guzay (2016) se podría pensar que la formación recibida por el alumnado tiene una influencia importante en estos cambios. Por otro lado, STEM es una moda y existen distintos conceptos, lo que explicaría la variedad de modelos existentes (Margot y Kettler, 2019; Martín-Páez et al., 2019), incluso modelos que no se ajustan a ningún modelo de los definidos por Ring et al (2017), pasando de 14 a 8.

En la Figura 2 podemos observar cuatro ejemplos de modelos dibujados por el profesorado de Educación Primaria en formación. Los cuatro ejemplos son “STEM como acrónimo”, “ciencia como contexto”, “disciplinas integradas” y “disciplinas separadas”.

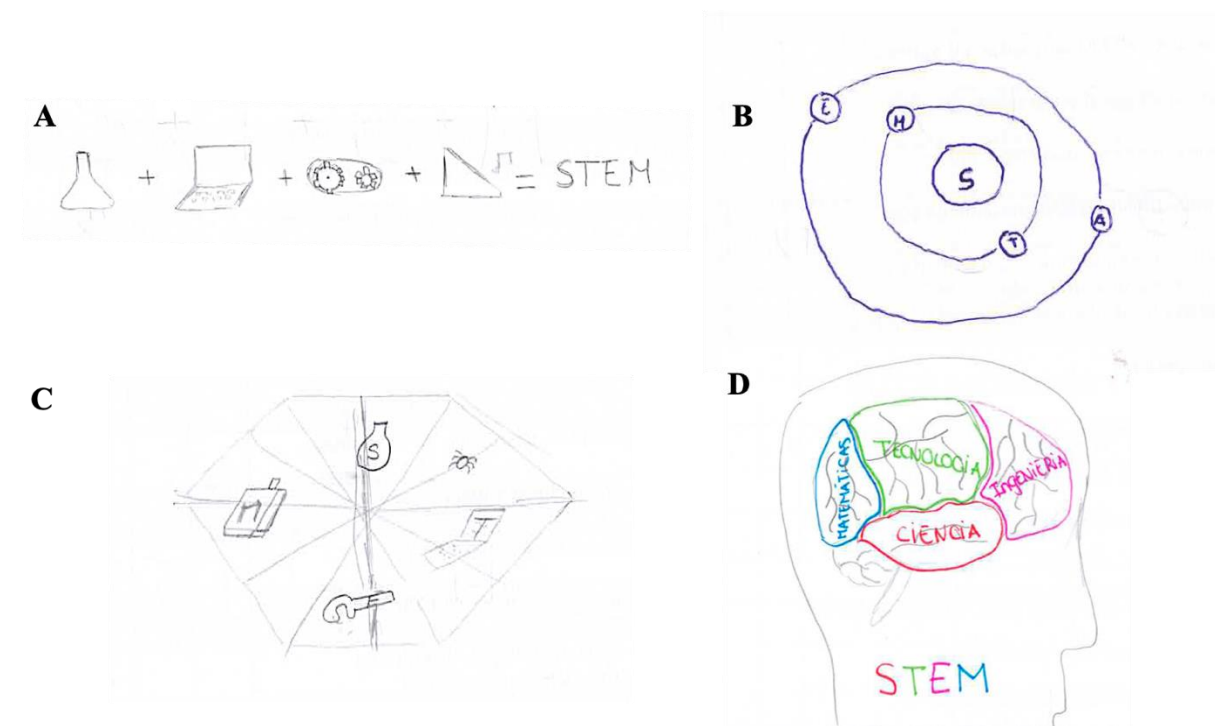
Limitaciones y prospectiva

Respecto a las limitaciones del estudio, ha de destacarse que la muestra estaba compuesta mayoritariamente por mujeres (85.7%) y no fue aleatorizada. Por tanto, pudiera existir un sesgo ligado al sexo, aunque no fueron halladas diferencias significativas en la conceptualización de la educación

STEM y solamente se identificaron de forma puntual en el pretest en el caso de la actitud hacia este enfoque educativo. Además, la duración de la intervención no ha permitido despejar las incógnitas respecto al cambio conceptual sobre la educación STEM. Tanto es así que se necesitan realizar estudios similares donde la intervención sea más intensiva y extensiva.

Figura 2

Ejemplos de modelos. A. Modelo “Acrónimo STEM”, B. Ciencia como contexto. C. Disciplinas integradas. D. Disciplinas separadas



Conclusiones

Atendiendo a las preguntas planteadas en la investigación hemos podido extraer las siguientes conclusiones:

- En cuanto al análisis de la actitud, hemos podido observar que el programa formativo ha tenido un efecto positivo en el interés y, sobre todo, la autoeficacia de los maestros en formación hacia la educación STEM. Sin embargo, se ha identificado un posible efecto techo en las dimensiones “Importancia” y “Compromiso”.
- En primera instancia, las maestras en formación parecen infravalorar sus conocimientos y habilidades relacionados con los dominios STEM y su didáctica. Por el contrario, los maestros en formación evidencian mayor autoeficacia en estos aspectos. No obstante, la relevancia percibida para el enfoque STEM y el nivel de compromiso manifestado fueron elevados tanto en maestras como en maestros en formación.
- Aquellos docentes en formación que tenían un modelo conceptual bien definido sobre educación STEM antes de realizar la intervención, evidencian una alta permanencia de este tras la intervención. En contraposición, quienes evidenciaron una conceptualización pobre del enfoque STEM antes de la intervención han adquirido modelos conceptuales adecuados y consistentes tras el programa formativo. Por tanto, parece plausible afirmar que la duración de los programas formativos ha de ser más extensa para lograr efectos positivos sobre profesorado que ya dispone de un modelo conceptual, más o menos consistente, de la educación STEM.

Contribución de cada Autor: Conceptualización, A.G.Y. y M.D.A.; metodología, D.A., A.G.Y. y F.G.G.; análisis, D.A. y A.G.Y.; escritura del manuscrito, A.G.Y. y D.A.; escritura, revisión y edición, A.G.Y., D.A., M.D.A., y F.G.G.; supervisión, F.G.G.

Financiación: Ministerio de Ciencia e Innovación. Proyecto PROFESTEM (ref. PGC2018-095765-B-I00)

Conflicto de Intereses: Las/os autoras/es declaran que no tienen conflicto de intereses.

Referencias

- Abdulwali, H., Aldahmash, N., Alamri, M., & Mohammed A. A. (2019). Saudi Arabian science and mathematics teachers' attitudes toward integrating STEM in teaching before and after participating in a professional development program. *Cogent Education*, 6(1), 1580852. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2019.1580852>
- Aguilera, D., Lupiáñez, J. L., Vílchez-González, J. M., & Perales-Palacios, F. J. (2021). In search of a long-awaited consensus on disciplinary integration in STEM education. *Mathematics*, 9(6), 597. <https://doi.org/10.3390/math9060597>
- Aguilera, D., Vílchez-González, J.M., & Perales-Palacios, F.J. (2021). *Advances in the development and validation of Teachers' Attitudes Towards STEM Education (TATSTEM) Scale* [Oral Communication]. ESERA 2021, Minho, Portugal. <https://esera2021.org/>
- Aguilera, D. (2022). *Oportunidades para la educación STEM en la LOMLOE*. [Presentación oral]. 30 Encuentros Internacionales de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Melilla, España. <https://www.30edcemelilla.es/>
- Akerson, V. L., Burgess, A., Gerber, A., Guo, M., Khan, T. A., & Newman, S. (2018). Disentangling the meaning of STEM: Implications for science education and science teacher education. *Journal of Science Teacher Education*, 29(1), 1-8. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2018.1435063>
- Arabit, J., & Prendes, M^a. P. (2020). Metodologías y Tecnologías para enseñar STEM en Educación Primaria: análisis de necesidades. *Revista de Medios y Educación*,(47), 107-128. DOI: <https://doi.org/10.12795/pixelbit.2020.i57.04>
- Bartels, S., & Rupe, K. (2019). Preservice teachers' conceptions of STEM before, during, and after the planning and delivery of a lesson. Paper presentation at the 2019 ASTE International Conference in Savannah, GA, January 4, 2019.
- Breiner, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C., & Koehler, C. M. (2012). What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. *School Science and Mathematics*, 112(1), 3-11.
- Castellanos-Vega, R., Izaguerri-Mateo, M., & Alonso-Marín, A. (2022). Present, future in search of cohesion and management of frustration through learning styles. *Espiral. Cuadernos del profesorado*, 15(31), 32-42. <https://doi.org/10.25115/ecp.v15i31.7054>
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2nd ed.). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Dare, E. A., Ellis, J. A., & Roehrig, G. H. (2018). Understanding science teachers' implementations of integrated STEM curricular units through a phenomenological multiple case study. *International Journal of Science Education*, 5(4). <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0101-z>
- Dare, E. A., Ring, E. A., & 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. <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1638531>
- Domènech, J. D. (2019). STEM: Oportunidades y retos desde la Enseñanza de las Ciencias. Universitas Tarraconensis. *Revista de Ciències de l'Educació*, 1(2), 154-168. <https://doi.org/10.17345/ute.2019.1>
- Greca, I. M., & Moreira, M. A. (1998). Modelos mentales, modelos conceptuales y modelización. *LUME*, 15(2), 107-120. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10183/85007>
- Güemes González, E. (2020). *Proyecto de Innovación en Educación STEM para la etapa de Educación Primaria. Valoración de las habilidades transversales en propuestas educativas STEM*. [Trabajo fin de grado] Universidad Pontificia de Comillas.
- Hoffmann, T. C., Glasziou, P. P., Boutron, I., Milne, R., Perera, R., Moher, D., ... & Michie, S. (2014). Better reporting of interventions: template for intervention description and replication (TIDieR) checklist and guide. *BMJ*, 348. g1687. <https://doi.org/10.1136/bmj.g1687>

- Judd, C. M., & Kenny, D. A. (1981). *Estimating the effects of social interventions*. Cambridge University Press.
- Labov, J. B., Reid, A. H., & Yamamoto, K. R. (2010). Integrated biology and undergraduate science education: a new biology education for the twenty-first century?. *CBE—Life Sciences Education*, 9(1), 10-16. <https://doi.org/10.1187/cbe.09-12-0092>
- Li, Y., Zhang, Q., Feng, W., Kang, H., Bao, Z., & Wang, S. (2017). Educational Model and Practice of STEM Education+Creator. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 18(6), 2932-2940. <http://dx.doi.org/10.12738/estp.2018.6.192>
- Lee, H. Y., Cheng, Y. P., Wang, W. S., Lin, C. J., & Huang, Y. M. (2023). Exploring the Learning Process and Effectiveness of STEM Education via Learning Behavior Analysis and the Interactive-Constructive-Active-Passive Framework. *Journal of Educational Computing Research, Online first*. <https://doi.org/10.1177/07356331221136888>
- Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. *Boletín oficial del Estado*, 340, de 30 de diciembre de 2020. <https://www.boe.es/eli/es/lo/2020/12/29/3>
- López-Rupérez, F. (2022, 3 de octubre). Prólogo. *La LOMLOE y su análisis*. Una mirada técnica. https://anele.org/pdf/la_lomloe_y_su_analisis.pdf
- Margot, K. C., & 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>
- Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, F. J., & 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. <https://doi.org/10.1002/sce.21522>
- Moreira, M. (1997). Modelos mentales. Investigaciones en la enseñanza de Ciencias. *Investigações em Ensino de Ciências*, 1(3), 193-232.
- Ortiz-Revilla, J., Greca, I.M., & Arriaseq, I. A (2022). Theoretical Framework for Integrated STEM Education. *Science & Education*, 31, 383-404. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00242-x>
- Radloff, J., & Guzey, S. (2016). Investigating Preservice STEM Teacher Conceptions of STEM Education. *Journal of Science Education and Technology*, 25(5), 759-774. <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9633-5>
- Ring, E. A., Dare, E. A., Crotty, E. A., & Roehrig, G. H. (2017). The evolution of teacher conceptions of STEM education throughout an intensive professional development experience. *Journal of Science Teacher Education*, 28(5), 444-467. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2017.1356671>
- Sánchez-Cabrero, R., & Pericacho-Gómez, F. J. (2021). Profile and perceptions of the students of the Master in secondary education teacher training in Spain. *Espiral. Cuadernos del profesorado*, 15(30). <https://doi.org/10.25115/ecp.v15i30.5064>
- Sánchez-Martín, M., Navarro-Mateu, F., & Sánchez-Meca, J. (2022). Systematic Reviews and Evidence-Based Education. *Espiral. Cuadernos del profesorado*, 15(30), 108-120. <https://doi.org/10.25115/ecp.v15i30.7860>
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEM mania. *Technology Teacher*, 68 (4), 20-26.
- Toma, R. B., & Retana-Alvarado, D. A. (2021). Mejora de las concepciones de maestros en formación de la educación STEM. *Revista Iberoamericana de Educación*, 87(1), 15-33. <https://doi.org/10.35362/rie8714538>
- Useda, P. L., & González, M. A. (2015). El ambiente digital en la comunicación, la actitud y las estrategias pedagógicas utilizadas por docentes. *Tecné, Episteme y Didaxis*, (37), 109-129. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/ted/n37/n37a07.pdf> 24
- Vasquez, J. A., Sneider, M., & Comer, M. (2013). STEM lesson essentials: grades 3-8: integrating science, technology, mathematics, and education. Heinemann.
- von Glasersfeld, E., & Steffe, L. P. (1991). Conceptual models in educational research and practice. *The Journal of Educational Thought (JET)/Revue de la Pensée Educative*, 25(2), 91-103.
- Zollman, A. (2012). Learning for STEM literacy: STEM literacy for learning. *School Science and Mathematics*, 112(1), 12-19. <https://doi.org/10.1111/j.19498594.2012.00101.x>