

BORDÓN

Revista de Pedagogía

NÚMERO MONOGRÁFICO / *SPECIAL ISSUE*

Competencia digital, TPACK y ética tecnológica:
retos para la sociedad de la información y el conocimiento (SIC)

*Digital competency, tpack and technological ethics:
challenges for the information and knowledge society (IKS)*

Isabel María Gómez-Trigueros y Carolina Bustamante
(editores invitados / *guest editors*)



Volumen 75
Número, 4
2023

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PEDAGOGÍA

ROBÓTICA EDUCATIVA PARA EL DESARROLLO DE LA COMPETENCIA STEM EN MAESTRAS EN FORMACIÓN

Educational robotics for the development of STEM competence in teacher trainees

JOSÉ-MARÍA ROMERO-RODRÍGUEZ,
JUAN CARLOS DE LA CRUZ-CAMPOS, MAGDALENA RAMOS-NAVAS-PAREJO
Y JOSÉ ANTONIO MARTÍNEZ-DOMINGO
Universidad de Granada (España)

DOI: 10.13042/Bordon.2023.97174

Fecha de recepción: 14/11/2022 • Fecha de aceptación: 10/04/2023

Autor de contacto / Corresponding autor: José María Romero-Rodríguez. E-mail: romejo@ugr.es

Cómo citar este artículo: Romero-Rodríguez, J. M., De La Cruz-Campos, J. C., Ramos-Navas-Parejo, M. y Martínez-Domingo, J. A. (2023). Robótica educativa para el desarrollo de la competencia STEM en maestras en formación. *Bordón, Revista de Pedagogía*, 75(4), 75-92. <https://doi.org/10.13042/Bordon.2023.97174>

INTRODUCCIÓN. El porcentaje de mujeres que cursan titulaciones STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) es inferior al de hombres, debido a condicionamientos sociales, estructuras institucionales, asesoramiento deficiente y entornos de aula de educación temprana hacia otras áreas. En concreto, algunos estudios empiezan a evidenciar la brecha de género que se produce en este ámbito primordial para el desarrollo de la sociedad. En esta línea, la robótica educativa se ha convertido en una herramienta efectiva para contribuir a despertar vocaciones en el ámbito STEM. **MÉTODO.** El objetivo de este trabajo fue desarrollar la actitud y competencia STEM a través de la robótica en las maestras en formación del Grado en Educación Primaria, para ello se aplicó un diseño cuasiexperimental con pretest-postest, donde participaron un total de 104 estudiantes. **RESULTADOS.** El grupo experimental que trabajó de forma práctica con robótica educativa durante 13 semanas obtuvo una mayor puntuación postest que indicó un aumento de la actitud y competencia STEM en comparación con el grupo control. No obstante, no se encontraron diferencias significativas intragrupo ni intergrupo. **DISCUSIÓN.** Aprender de forma práctica materias STEM motiva hacia la predisposición de profundizar en programación, mejora las actitudes y competencias STEM a través de la robótica educativa en las aulas, favorece la inclusión de las estudiantes en dichas materias y reduce la brecha de género existente. Finalmente, fomentar la motivación y vocación en materias STEM puede incidir en el hecho de que las maestras en formación incorporen en su posterior ejercicio de la docencia elementos STEM como la robótica, pudiendo desarrollar experiencias positivas y motivadoras en las aulas de educación primaria, para que el alumnado pueda disfrutar aprendiendo robótica y propiciando que se despierte la curiosidad por el aprendizaje de estas materias.

Palabras claves: *Robótica, Educación STEM, Formación del profesorado, Educación superior.*

Introducción

A lo largo de estos últimos años se está incrementando la importancia que tienen las materias STEM, siendo su definición de estas siglas en inglés: ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (Queiruga-Dios *et al.*, 2020). Así pues, las asignaturas STEM están tomando relevancia a la hora de incorporar el pensamiento computacional dentro del aula. Por este motivo, desarrollar competencias en este tipo de pensamiento está convirtiéndose en una de las principales finalidades que contempla la educación STEM (Lee *et al.*, 2020).

Por su parte, la brecha de género en estas disciplinas STEM persiste como un desafío significativo en la actualidad. Aunque se han logrado avances notables en la promoción de la igualdad de género en diversos ámbitos, las mujeres continúan subrepresentadas en carreras relacionadas con STEM (Farrar *et al.*, 2023; Serrano *et al.*, 2023). Esta disparidad no solo limita el potencial individual de las mujeres, sino que también tiene consecuencias negativas para la sociedad en general, ya que se pierden perspectivas valiosas y soluciones innovadoras. Es esencial abordar los estereotipos de género desde una edad temprana, fomentar un ambiente inclusivo y proporcionar oportunidades equitativas para que las mujeres se involucren y prosperen en las disciplinas STEM.

Además, Stehle y Peters-Burton (2019) señalaron que llevar a cabo la enseñanza a través de materias STEM en todas las etapas del sistema educativo es una opción para hacer frente a la brecha de género, así como para que la sociedad adquiera buena alfabetización digital. En esta línea, son crecientes los estudios sobre la subrepresentación de las mujeres en STEM. Sin embargo, aunque se está apostando por este tipo de investigaciones y se tienen resultados que demuestran las diferencias de género, dentro del ámbito STEM existen desigualdades (Díaz de Greñu y Anguita, 2017; Owen, 2023). Por ejemplo, en España el número de mujeres matriculadas en estudios universitarios técnicos durante el curso 2020-2021 fue del 25.7% frente al 74.3% de hombres (Ministerio de Universidades, 2022).

En lo que respecta al mundo laboral, los puestos de trabajo en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas están presentando cambios constantes, así como otras ocupaciones vinculadas a la tecnología como es la logística, la investigación de mercado y la publicidad (Deming y Noray, 2020). Por otro lado, aunque la formación de las mujeres en materias STEM es cada vez más habitual, también es más complicado para ellas ocupar un puesto de trabajo relacionado con lo estudiado (Dökme *et al.*, 2022). En lo referente a la formación de futuros docentes y competencias STEM, Casis *et al.* (2017) determinan que es necesaria una mayor formación de los maestros en áreas de matemáticas y ciencias, debido a que es donde los futuros docentes presentan mayores dificultades y actitudes negativas hacia las mismas. No obstante, las propuestas STEM que están desarrollando los docentes no siempre abarcan las cuatro áreas que se deben trabajar (Bartels *et al.*, 2019), por lo que la formación no es completa.

Cabe destacar que a la hora de desarrollar materias STEM se está empleando la robótica educativa, debido a que da la posibilidad de adquirir conocimientos a través de juegos y diversión, haciendo más lúdico el proceso de aprendizaje tanto en niños como en estudiantes adultos (Zúñiga-Muñoz *et al.*, 2023). En este sentido, la robótica educativa emerge como una herramienta poderosa para cultivar el interés y la competencia en las disciplinas STEM entre estudiantes de todas las edades. Al integrar conceptos de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas en la

creación y programación de robots, este recurso no solo transforma el aprendizaje en una experiencia práctica y atractiva, sino que también desempeña un papel crucial en la preparación de los estudiantes para los desafíos tecnológicos del futuro (Ferrada *et al.*, 2023). Sin embargo, es esencial abordar la brecha de acceso a estas oportunidades, asegurándose de que estudiantes de todos los géneros y grupos demográficos tengan igualdad de acceso a la robótica educativa. Al hacerlo, se fomenta un ambiente inclusivo que promueve la diversidad y empodera a la próxima generación de líderes en STEM, impulsando así la innovación y el progreso en la sociedad (Naya-Varela *et al.*, 2023).

Ejemplos concretos de aplicación de la robótica para la mejora de la competencia STEM se encuentran en la investigación realizada por Plaza *et al.* (2019), donde se empleó Scratch como herramienta para incorporar la robótica en el aprendizaje STEM de estudiantes de Grado en Educación Primaria. Los resultados indicaron que el alumnado incrementó su motivación a la hora de diseñar proyectos más complejos y programar, adquirieron diferentes habilidades como es el pensamiento computacional, el aprendizaje activo, el aprendizaje sistémico, la toma de decisiones, destrezas en matemáticas y ciencias, mejora de la comunicación y resolución de problemas.

En la misma línea, el estudio de Zhang *et al.* (2021a) en el que se determinó que los robots educativos mejoran las actitudes STEM y el pensamiento computacional del alumnado. Sisman *et al.* (2021) destacaron que la robótica educativa puede mejorar tanto la capacidad espacial de los estudiantes, como las actitudes de estos hacia el ámbito STEM. También, cabe señalar la investigación realizada por Kucuk y Sisman (2020) en la que se recogieron las actitudes de los estudiantes respecto a STEM y robótica, con especial hincapié en el género. En este estudio se determinó que el género tuvo efecto en el aprendizaje a través de robótica, siendo las estudiantes femeninas las que presentan menor predisposición y confianza para aprender.

Por tanto, queda patente la presente problemática acerca de las desigualdades de género en el ámbito STEM, donde las mujeres ocupan un porcentaje bajo de puestos y matrículas en titulaciones universitarias STEM respecto a los hombres (Europa Press, 2021). Considerando estos aspectos, para favorecer la igualdad de género en cuanto a la representación de las mujeres tanto en el ámbito académico, como en el laboral social y político, se aboga por la promoción de la formación STEM a través de la robótica (Hinojo *et al.*, 2023; Pujol *et al.*, 2020). En consonancia, el objetivo de este trabajo fue desarrollar la actitud y competencia STEM a través de la robótica en las maestras en formación del Grado en Educación Primaria.

Finalmente, se recogieron distintas hipótesis de partida que hicieron referencia al conjunto de ideas subyacentes de cómo se generó y se está manteniendo el problema (Rossi y Freeman, 1993): a) Hipótesis causal: la inclusión de actividades de robótica educativa en la formación inicial de las maestras en formación, les permitirá desarrollar la competencia en STEM; b) Hipótesis de intervención: la robótica educativa aporta los elementos conceptuales, instrumentales y procedimentales necesarios para el fomento y desarrollo del STEM, que conectan la formación inicial con el ejercicio docente posterior; y (c) Hipótesis de acción: las mejoras que se consigan en la competencia STEM de las maestras en formación garantizarán a medio y largo plazo, el mantenimiento y consolidación de una concepción STEM que repercute directamente en su enseñanza posterior como elemento clave para acabar con las desigualdades de género en el ámbito STEM.

Método

Se ha adoptado un diseño cuasiexperimental (Campbell y Stanley, 1963), tipo pretest-postest con grupo control no equivalente. Las *variables* que se contemplaron fueron: a) la *variable independiente* se correspondió con la participación o no en las sesiones prácticas de robótica educativa; y b) las *variables dependientes* asociadas a la competencia STEM y actitud hacia la educación STEM. La asignación del tratamiento (implementación de las sesiones de robótica educativa) se realizó al azar.

El procedimiento de selección de la muestra fue no probabilístico, concretamente mediante un método subjetivo denominado muestras de conveniencia (Pérez, 2016). La composición del grupo fue natural y recogió dos grupos del total de ocho que componen el segundo curso del Grado en Educación Primaria de la Universidad de Granada.

Participantes

Los participantes fueron estudiantes del Grado en Educación Primaria de la Universidad de Granada (UGR) de España. La invitación para participar en el estudio se envió a través de correo electrónico a cada una de las estudiantes y los datos fueron recopilados a partir de una encuesta *online* en Google Forms.

Las participantes respondieron preguntas relacionadas con sus datos sociodemográficos y una escala para evaluar la actitud hacia las áreas STEM. En concreto, la muestra se definió por 104 mujeres (GE = 52; GC = 52), con edades comprendidas entre los 18 y 26 años ($M = 19.50$; $SD = 1.49$). Para la categorización de la edad se optó por utilizar la división establecida por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2017), que establece los siguientes rangos: menor o igual a 20 años (adolescentes) y entre 21-35 años (adulto joven). La tabla 1 recoge el resto de datos sociodemográficos de las participantes.

TABLA 1. Datos sociodemográficos

Variables	Total		GE		GC	
	n	%	n	%	n	%
Edad						
≤ 20	82	78.2	45	86.5	37	71.1
21-35	22	21.2	7	13.5	15	28.9
Bachillerato / Formación Profesional (FP) medio realizado (rama)						
Ciencias	31	19.8	23	44.2	8	15.4
Humanidades y Ciencias Sociales	73	70.2	29	55.8	44	84.6
Trabajo de la madre profesión STEM						
Sí	7	6.7	5	9.6	2	3.8
No	97	93.3	47	90.4	50	96.2

TABLA 1. Datos sociodemográficos (cont.)

Variables	Total		GE		GC	
	n	%	n	%	n	%
Trabajo del padre profesión STEM						
Sí	15	14.4	10	19.2	5	9.6
No	89	85.6	42	80.8	47	90.4
Mención en la que quiero matricularme						
Educación musical	7	6.7	7	13.5	0	0
Educación física	28	26.9	17	32.7	11	21.2
Lengua extranjera	16	15.4	5	9.6	11	21.2
Educación especial	23	22.1	7	13.5	16	30.7
Profundización del currículum básico	30	28.8	16	30.7	14	26.9
Considero que las mujeres tienen menos oportunidades en el ámbito STEM						
Sí	63	60.6	32	61.5	37	71.1
No	41	39.4	29	38.5	15	28.9

Nota: GE = Grupo Experimental; GC = Grupo Control.

Fuente: elaboración propia.

Todos los procedimientos realizados en el estudio se ajustaron a las normas éticas del comité de investigación institucional y a la declaración de Helsinki de 1964 y sus enmiendas posteriores o normas éticas comparables. De modo que los participantes fueron informados del propósito de la investigación, del tratamiento anónimo de sus datos y dieron su consentimiento informado antes de participar en el estudio.

Instrumento de recogida de datos

Como medida pretest y postest se utilizó la STEM Attitude Scale (SAS) (Benek y Akcay, 2019). La SAS midió de forma general la actitud y competencia hacia el STEM a través de 31 ítems en una escala Likert de cinco puntos (1 = muy en desacuerdo; 5 = muy de acuerdo). Las puntuaciones oscilaron entre 31 y 155, coincidiendo las puntuaciones más elevadas con una mayor actitud hacia el desarrollo de las materias STEM.

Las dimensiones de la escala se corresponden a cada una de las materias STEM, de modo que: la dimensión 1 es ciencias (4 ítems); dimensión 2 es matemáticas (8 ítems); dimensión 3 es ingeniería (6 ítems); dimensión 4 es tecnología (6 ítems). a lo que se añade una quinta dimensión, la número 5 vinculada al aprendizaje interdisciplinar (7 ítems). En concreto, los ítems fueron:

1. Me gusta participar en actividades relacionadas con la ciencia.
2. Me interesa la ciencia.
3. Tengo curiosidad por la ciencia.

4. Me gusta trabajar la ciencia en casa.
5. Las operaciones matemáticas son agradables.
6. Me interesan las matemáticas.
7. Las clases de matemáticas son divertidas.
8. Me intereso por las matemáticas en horario extraescolar.
9. Me gusta resolver problemas matemáticos.
10. Hago actividades matemáticas en mi tiempo libre (rompecabezas ajedrez, sudoku, etc.).
11. Cuando tengo tareas de matemáticas, estoy deseando realizarlas.
12. Me siento bien cuando trato con las matemáticas.
13. Me gusta diseñar cosas.
14. Me gusta dibujar un edificio, un coche, un puente, un avión, etc.
15. Disfruto diseñando cosas en mi tiempo libre.
16. Me gustaría diseñar una herramienta/producto que facilite la vida del ser humano.
17. Me encanta reparar cosas en casa.
18. Tengo interés en diseñar un producto/herramienta.
19. Me gusta jugar con las herramientas tecnológicas.
20. Me interesa la tecnología.
21. Me gusta tratar con la tecnología.
22. Me gustaría que hubiera más cursos sobre tecnología en la universidad.
23. Quiero que se utilice más tecnología durante las clases.
24. Sigo de cerca las últimas innovaciones en tecnología.
25. La ciencia, las matemáticas, la ingeniería y la tecnología están interrelacionadas.
26. Las habilidades científicas, matemáticas, tecnológicas y de ingeniería deben utilizarse conjuntamente cuando se inventa algo.
27. Los campos de la ciencia, las matemáticas, la tecnología y la ingeniería se complementan entre sí.
28. La ciencia, las matemáticas, la ingeniería y la tecnología son muy importantes en nuestra vida.
29. Si asisto a un curso que combina conocimientos de ciencias, matemáticas, ingeniería y tecnología, es posible que aprenda sobre habilidades que no conozco.
30. En el futuro, me gustaría impartir alguna asignatura relacionada con ciencia (matemáticas, ciencias naturales, ciencias sociales, etc.).
31. En el futuro, me gustaría enseñar tecnología como maestro/a.

Por su parte, la escala presenta unas propiedades psicométricas adecuadas y ha sido validada y adaptada en otros contextos e idiomas (Zhang *et al.*, 2021b). Para este estudio, la fiabilidad de la escala comprobada mediante la prueba alfa de Cronbach fue buena para las medidas pretest ($GC \alpha = .90$; $GE \alpha = .92$) y posttest ($GC \alpha = .91$; $GE \alpha = .94$).

Procedimientos y materiales

Las sesiones prácticas de robótica educativa se llevaron a cabo con el grupo experimental durante el periodo lectivo del curso académico. En total, se implementaron 13 sesiones de 60 minutos cada una, durante 13 semanas. Los materiales que se implementaron en las sesiones prácticas de robótica educativa fueron el *software* Scratch y el *hardware* Lego Spike Essential, los cuales son dos de los recursos más apropiados para trabajar la robótica en la etapa de educación primaria, ya que permiten acercarse a la robótica de forma intuitiva y con materiales resistentes (Choi y Moon, 2017; Hervás *et al.*, 2018).

El objetivo principal de las sesiones fue el desarrollo de un proyecto de robótica y programación con Lego Spike aplicados a la etapa de educación primaria, formándose grupos de cinco estudiantes para su elaboración. En esta línea, la sesión 1, 2 y 3 fueron introductorias al material y al proyecto que debían realizar. Las siguientes sesiones (4-9) se centraron en el desarrollo del proyecto, establecimiento de objetivos, metodología, secuenciación y evaluación. Finalmente, las sesiones posteriores 10-13 se focalizaron en la experimentación y trabajo práctico con los materiales de robótica. La figura 1 muestra uno de los trabajos desarrollados por un grupo de estudiantes durante las sesiones prácticas.

FIGURA 1. Trabajo grupal con Lego Spike Essential y el lenguaje Scratch



Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, el grupo control llevó a cabo proyectos teóricos de robótica educativa sin experimentar de forma práctica con Lego Spike Essential y Scratch. El número de sesiones y temporización fue el mismo. Para este grupo, las sesiones 1-3 fueron introductorias y explicativas de los proyectos a realizar, las sesiones 4-10 de desarrollo de los proyectos a nivel teórico y las sesiones 11-13 de exposición de los proyectos mediante presentaciones tipo PowerPoint. La aplicación pretest para ambos grupos tuvo lugar el 30 de septiembre de 2021, mientras que el posttest se aplicó el 17 de diciembre de 2021.

En cuanto al análisis de los datos, se calculó la normalidad en la distribución de las puntuaciones a través de la prueba Kolmogorov-Smirnov con corrección de significación de Lilliefors. Posteriormente, se calcularon los valores estadísticos descriptivos de medias y desviaciones típicas, prueba T, ANOVA, valor p y valor d de Cohen para el contraste de la hipótesis.

Resultados

La prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov con corrección de significación de Lilliefors recogió que los datos siguieron una distribución normal, puesto que el valor p se situó por encima de .05, tanto para la medida pretest ($K-S = .081$; $gl = 103$; $p = .092$), como para la medida posttest ($K-S = .075$; $gl = 103$; $p = .169$).

Los resultados derivados de las comparaciones entre los grupos de estudiantes en función de sus factores sociodemográficos en la fase posttest muestran que no hay diferencias significativas entre factores. Sin embargo, la mayor puntuación media y , por tanto, la mayor actitud hacia el STEM se situó en el grupo experimental con una edad igual o menor de 20 años ($M = 112.18$), grupo experimental que estudió bachillerato o formación profesional de la rama de humanidades y ciencias sociales ($M = 112.24$), grupo experimental cuya madre trabaja en una profesión STEM ($M = 119.80$), grupo experimental cuyo padre trabaja en una profesión STEM ($M = 117.90$), grupo experimental que quiere estudiar la mención de educación física ($M = 118.53$) y grupo experimental que considera que las mujeres no tienen menos oportunidades que los hombres en el ámbito STEM ($M = 113.90$) (tabla 2).

TABLA 2. Diferencias entre grupos según sus factores sociodemográficos

Datos sociodemográficos/Grupo	n	M	DT	F	p
Edad					
Experimental					
≤ 20	45	112.18	18.03		
21-35	7	101.43	16.11		
Control				2.100	.150
≤ 20	37	108.16	21.67		
21-35	15	104.20	24.92		
Bachillerato/FP					
Experimental					
Ciencias	23	108.83	18.59		
Humanidades y Ciencias Sociales	29	112.24	17.73		
Control				.840	.150
Ciencias	8	98.13	19.42		
Humanidades y Ciencias Sociales	44	108.64	22.81		

TABLA 2. Diferencias entre grupos según sus factores sociodemográficos (cont.)

Datos sociodemográficos/Grupo	n	M	DT	F	p
Trabajo de la madre STEM					
Experimental					
Sí	5	119.80	3.27		.181
No	47	109.77	18.69		
Control					
Sí	2	116.50	33.23	1.818	
No	50	106.64	22.35		
Trabajo del padre STEM					
Experimental					
Sí	10	117.90	16.16		
No	42	109.02	18.19		
Control					
Sí	5	99.80	25.33	.376	.541
No	47	107.79	22.32		
Mención					
Experimental					
Educación musical	7	111.71	13.69		
Educación física	17	118.53	18.33		
Lengua extranjera	5	114.60	30.77		
Educación especial	7	99.86	99.86		
Profundización del currículum básico	16	105.56	11.30		
Control					
Educación musical	0	-	-	.810	.522
Educación física	11	104.36	18.77		
Lengua extranjera	11	104.27	23		
Educación especial	16	104.44	26.52		
Profundización del currículum básico	14	114.21	20.40		
Mujeres menos oportunidades STEM					
Experimental					
Sí	32	108.75	16.9		
No	20	113.90	19.71		
Control					
Sí	31	112.48	20.55	1.132	.290
No	21	98.95	23.25		

Nota: * $p < .05$.

Fuente: elaboración propia.

Por su parte, los datos remarcan el aumento de la actitud y competencia STEM del grupo experimental (tabla 3). En cuanto a la hipótesis, se puede aceptar parcialmente, puesto que la puntuación media ha aumentado ($M = 110.73$) respecto al pretest ($M = 105.98$). Sin embargo, no hay diferencias significativas intragrupo ni intergrupo.

TABLA 3. Comparaciones intragrupo e intergrupo

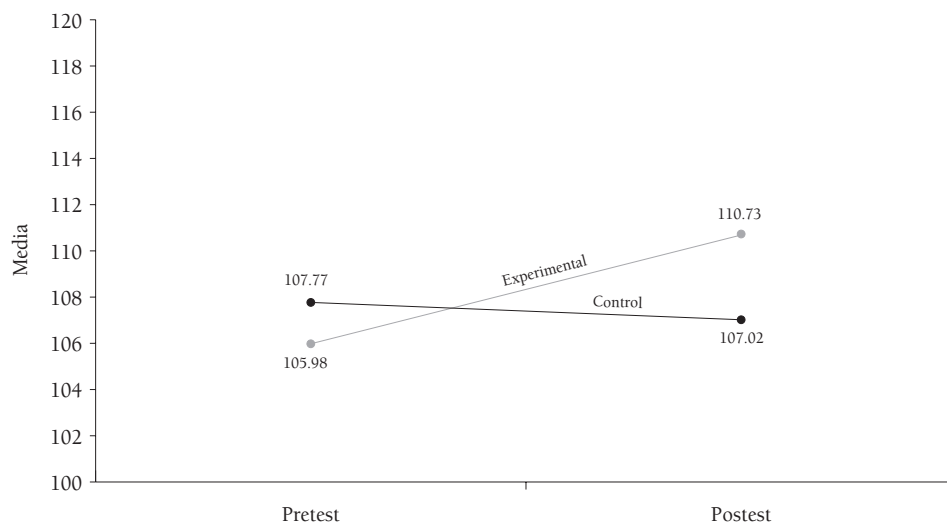
Grupo/medida	n	M	DT	t	p	d
Intragrupo						
Experimental						
Pretest	52	105.98	16.73			
Postest	52	110.73	18.02	-1,393	.167	-.27
Control						
Pretest	52	107.77	18.64			
Postest	52	107.02	22.48	,185	.853	.03
Intergrupo						
Pretest						
Experimental	52	105.98	16.73			
Control	52	107.77	18.64	-,515	.608	-.10
Postest						
Experimental	52	110.73	18.02			
Control	52	107.02	22.48	,929	.355	.18

Fuente: elaboración propia.

Así pues, las puntuaciones medias obtenidas en la medida postest fueron superiores a la medida pretest para el grupo experimental (figura 1). Estableciéndose en este caso, la posible mejora de la actitud y competencia STEM al finalizar las sesiones prácticas de robótica por parte de las estudiantes. En el caso de las estudiantes del grupo control la puntuación postest fue menor que la puntuación pretest.

Finalmente, en relación con las puntuaciones medias por cada dimensión, las mayores medias se situaron en: Ciencias grupo experimental ($M = 15.23$); Matemáticas grupo experimental ($M = 25.38$); Ingeniería grupo control ($M = 18.42$); Tecnología grupo experimental ($M = 22.65$); Aprendizaje interdisciplinar grupo control ($M = 29.48$). A su vez, no se obtuvieron diferencias significativas entre grupos (tabla 4).

FIGURA 2. Comparación del nivel de actitud y competencia STEM entre las mediciones pretest y postest de la experiencia de robótica



Fuente: elaboración propia.

TABLA 4. Comparaciones intergrupo por cada dimensión

Dimensión	n	M	DT	t	p	d
Ciencias						
Experimental	52	15.23	2.93	.862	.391	.17
Control	52	14.67	3.62			
Matemáticas						
Experimental	52	25.38	8.98	1.497	.138	.29
Control	52	22.56	10.2			
Ingeniería						
Experimental	52	18.40	5.75	-.016	.987	-.003
Control	52	18.42	6.58			
Tecnología						
Experimental	52	22.65	4.83	.716	.476	.14
Control	52	21.88	6.05			
Aprendizaje interdisciplinar						
Experimental	52	29.06	4.35	-.513	.699	-.09
Control	52	29.48	4.05			

Fuente: elaboración propia.

Discusión y conclusiones

El uso de la robótica educativa aún no está suficientemente estudiado en maestras en formación y su disposición para las áreas STEM. Incluso, antes de llegar a la formación universitaria, las niñas precisan de aprendizajes tempranos de las áreas STEM, recibir apoyo familiar hacia estas áreas, disponer de formación de calidad y visualizar videojuegos con inclusión de género que pudieran influir en la elección de seguir una carrera en estas disciplinas (Gilliam *et al.*, 2017; Owen, 2023).

A la luz de los resultados obtenidos, este estudio coincide con los hallazgos de otras investigaciones similares. Puesto que la forma práctica de aprender materias STEM a través del empleo de Scratch, como recurso de robótica educativa, motiva hacia la predisposición de adentrarse en la programación y las áreas STEM en general, tal y como confirmaron Plaza *et al.* (2019) en un estudio llevado a cabo también con estudiantes de educación primaria. Por su parte, otros investigadores, como Zhang *et al.* (2021a) y Sisman *et al.* (2021), obtuvieron, del mismo modo, resultados positivos en lo referente a la mejora de las actitudes y competencias STEM utilizando la robótica educativa en sus aulas.

Los resultados obtenidos han dado clara muestra del aumento de la actitud positiva y competencia STEM del grupo experimental. Por este motivo, se puede aceptar parcialmente la hipótesis causal, a la vista del incremento de la puntuación media recogida en el postest con respecto al pretest y los resultados del grupo control. Sin embargo, el grupo control, por su parte, ha obtenido una puntuación menor en la medición postest que en el pretest, cuyos valores se situaban por encima del pretest del grupo experimental al principio de la intervención. A su vez, se ha comprobado la distribución normal de los datos, utilizando la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov con corrección de significación de Lilliefors. Tampoco existieron diferencias significativas entre factores sociodemográficos, ni intragrupo e intergrupo.

En general, la competencia digital de un maestro promedio todavía está por debajo del nivel necesario para enseñar en aulas ricas en tecnología (Heinmæe *et al.*, 2021). Los maestros en formación necesitan habilidades y conocimientos para mejorar sus planes de lecciones y actividades con la tecnología. El estudio demuestra que los robots educativos, como Lego Spike Essential y el lenguaje Scratch, se pueden utilizar para mejorar la competencia digital de las profesoras en formación para apoyar sus habilidades de resolución de problemas, comunicación, creatividad, colaboración y pensamiento crítico. Junto con los kits STEM, los robots educativos brindan buenas oportunidades para enseñar materias como matemáticas, química, biología y física. Los resultados obtenidos indican que las actividades con robots educativos (experimentos prácticos con Lego Spike Essential y el lenguaje Scratch) apoyan y desarrollan la competencia digital de maestras en formación (Hinojo *et al.*, 2023).

Históricamente, el reclutamiento de mujeres para STEM ha sido un esfuerzo largo y prolongado. Una variedad de causas ha contribuido al fracaso de los esfuerzos de reclutamiento incluidos factores sociales, estructuras institucionales, asesoramiento deficiente y entornos de aula inadecuados hacia las áreas STEM en la educación temprana (Blackburn, 2017). Por tanto, se confirma que, en las maestras en formación, la enseñanza de robótica educativa predispone favorablemente hacia la disposición a programar y formarse en áreas STEM tal como han demostrado estudios de corte similar. Así pues, el uso de Lego Spike Essential ha sido utilizado

en los últimos años para iniciar a estudiantes en la robótica y programación. En esta línea, McAllister y Glidden (2022) demostraron que el uso de este material produce un aumento significativo en la eficacia de la programación informática y aumentos significativos en las puntuaciones de las subescalas con correlaciones positivas medias entre las puntuaciones de eficacia y autoinforme de creatividad.

Resulta evidente que este tipo de intervenciones pueden favorecer la inclusión de las estudiantes en las materias STEM, reduciendo la brecha de género que existe hoy día, debido a la baja presencia de mujeres en los grados universitarios de esta área (Stehle y Peters-Burton, 2019; Kucuk y Sisman, 2020). Estos recursos pueden incidir en su práctica docente futura, donde podrán desarrollar experiencias positivas y motivadoras en las aulas de educación primaria, para que los niños y niñas puedan disfrutar aprendiendo robótica, conociéndola juntos y propiciando que se despierte la curiosidad por continuar indagando en el aprendizaje de estas materias, tal y como defienden Pujol *et al.* (2020).

En cuanto a las limitaciones encontradas, el estudio cuasiexperimental realizado se aplicó a una muestra pequeña que puede no ser representativa de las maestras en formación de todas las especialidades. Esto no permite hacer generalizaciones más amplias sobre los hallazgos. Además, el equipo investigador evaluó las actividades de las maestras en formación durante el curso y pudieron recibir comentarios adicionales de sus compañeras. Este *feedback* puede haber influido en la autopercepción de las maestras sobre su competencia digital. El estudio también se hubiera enriquecido estableciendo comparaciones equitativas con maestros del género masculino en el mismo grado de formación.

A través de futuras líneas de investigación, se podría indagar en el cumplimiento de la hipótesis de intervención, a través del análisis de la aportación que ofrece la robótica educativa a los elementos conceptuales, instrumentales y procedimentales necesarios para el fomento y desarrollo del STEM, de forma que se determine si existe un nexo de unión entre la formación inicial y el ejercicio docente posterior. A largo plazo, se podría analizar si la mejora de las competencias STEM de las estudiantes ha repercutido en el mantenimiento y consolidación de una concepción STEM, que pudiera influir directamente en la elección de las enseñanzas posteriores, eliminando las desigualdades de género que existen en la formación docente.

Finalmente, la robótica educativa como recurso didáctico puede integrarse en la formación inicial de las futuras docentes, con la finalidad de que estas la conozcan y la empleen el día de mañana en sus aulas para que, así, se favorezca la inclusión de las estudiantes en las materias STEM, reduciendo la brecha de género.

Nota

Este trabajo ha sido financiado con fondos públicos por el Vicerrectorado de Igualdad, Inclusión y Sostenibilidad de la Universidad de Granada (España), en concurrencia competitiva en la convocatoria de Ayudas para el Apoyo y Fomento a la Investigación en Materia de Igualdad, Inclusión y Sostenibilidad Social 2021 (Referencia: INV-IGU157-2021).

Referencias bibliográficas

- 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>
- Benek, I. y Akcay, B. (2019). Development of STEM Attitude Scale for Secondary School Students: Validity and Reliability Study. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology (IJEMST)*, 7(1), 32-52. <https://doi.org/10.18404/ijemst.509258>
- Blackburn, H. (2017). The status of women in STEM in higher education: A review of the literature 2007-2017. *Science & Technology Libraries*, 36(3), 235-273. <https://doi.org/10.1080/0194262X.2017.1371658>.
- Campbell, D. T. y Stanley, J. C. (1963). *Experimental and quasi-experimental designs for research*. Rand-McNally.
- 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>
- Choi, S. U. y Moon, S. J. (2017). Learning Method of WeDo+Scratch based on Programming for Non-Programing Major. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 12(11), 2927-2934.
- Deming, D. J. y Noray, K. (2020). Earnings dynamics, changing job skills, and STEM careers. *The Quarterly Journal of Economics*, 135(4), 1965-2005. <https://doi.org/10.1093/qje/qjaa021>
- Díaz de Greñu, S. y Anguita, R. (2017). Estereotipos del profesorado en torno al género y a la orientación sexual. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 20(1), 219. <https://doi.org/10.6018/reifop/20.1.228961>
- Dökme, İ., Açıksöz, A. y Koyunlu Ünlü, Z. (2022). Investigation of STEM fields motivation among female students in science education colleges. *International Journal of STEM Education*, 9(8). <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00326-2>
- Europa press (11 de febrero de 2021). *Solo el 13% de estudiantes de carreras STEM en España son mujeres, según un estudio de la OEI*. Europa Press. <https://www.bit.ly/3mFzjRe>
- Farrar, V. S., Aguayo, B.-Y. C. y Caporale, N. (2023). Gendered Performance Gaps in an Upper-Division Biology Course: Academic, Demographic, Environmental, and Affective Factors. *CBE Life Sciences Education*, 22(4), 52. <https://doi.org/10.1187/cbe.23-03-0041>
- Ferrada, C., Carrillo-Rosúa, J., Díaz-Levicoy, D. y Silva-Díaz, F. (2023). Evaluación de una propuesta educativa sostenible con un enfoque STEM para mejorar la actitud hacia las ciencias o matemáticas en estudiantes de 5.º y 6.º de educación primaria de España. *Investigacoes em Ensino de Ciências*, 28(1), 111-126. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci-2023v28n1p111>
- Gilliam, M. P., Jagoda, C., Fabiyi, P., Lyman, C., Wilson, B. Hill, B. y Bouris, A. (2017). Alternate reality games as an informal learning tool for generating STEM engagement among underrepresented youth: A qualitative evaluation of the source. *Journal of Science Education and Technology*, 26(3), 295-308. <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9679-4>
- Heinmæe, E., Leoste, J., Kori, K. y Mettis, K. (2021). Enhancing Teacher-Students' Digital Competence with Educational Robots. In *International Conference on Robotics in Education (RiE)*, 155-165. Springer, Cham. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-82544-7_15
- Hervás, C., Ballesteros, C. y Corujo, M. C. (2018). La robótica como estrategia didáctica para las aulas de educación primaria. *Hekademos*, 9(24), 30-40.
- Hinojo, F. J., Victoria, J. J., Campos, M. N. y Villalba, M. J. (2023). Fomento de las áreas STEM dentro de la formación inicial de futuras maestras. En M. P. Cáceres, J. A. López, F. Lara

- y E. Illescas (eds.), *Innovación pedagógica y competencia digital: perspectivas desde la investigación docente* (pp. 11-16). Dykinson.
- Kucuk, S. y Sisman, B. (2020). Students' attitudes towards robotics and STEM: Differences based on gender and robotics experience. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 23, 100167. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2020.100167>
- Lee, I., Grover, S., Martin, F., Pillai, S. y Malyn-Smith, J. (2020). Computational thinking from a disciplinary perspective: Integrating computational thinking in K-12 science, technology, engineering, and mathematics education. *Journal of Science Education and Technology*, 29(1), 1-8. <https://doi.org/10.1007/s10956-019-09803-w>
- McAllister, D. A. Ed.D. y Glidden, J. L. (2022). Learning Robotics Concepts with Lego Spike Essential: Data Collection 2021 with Pre-service Teachers. *ReSEARCH Dialogues Conference Proceedings*. <https://scholar.utc.edu/research-dialogues/2022/proceedings/13>
- Ministerio de Universidades (2022). *Datos y cifras del Sistema Universitario Español Publicación 2020-2021*. https://www.universidades.gob.es/wp-content/uploads/2022/11/Datos_y_Cifras_2021_22.pdf
- Naya-Varela, M., Guerreiro-Santalla, S., Baamonde, T. y Bellas, F. (2023). Robobo SmartCity: An Autonomous Driving Model for Computational Intelligence Learning Through Educational Robotics. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 16(4), 543-5591. <https://doi.org/10.1109/TLT.2023.3244604>
- Organización Mundial de la Salud-OMS (2017). *Life course*. https://www.who.int/elena/life_course/
- Owen, S. (2023). College major choice and beliefs about relative performance: An experimental intervention to understand gender gaps in STEM. *Economics of Education Review*, 97, 102479. <https://doi.org/10.1016/j.econedurev.2023.102479>
- Pérez, V. D. (2016). *Procedimientos de muestreo y preparación de la muestra*. Síntesis.
- Plaza, P., Sancristóbal, E., Carro, G., Blázquez-Merino, M., García-Loro, F., Muñoz, M., Albert, M. J., Moriñigo, B. y Castro, M. (2019). Scratch as Driver to Foster Interests for STEM and Educational Robotics. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, 14(4), 117-126. <https://doi.org/10.1109/RITA.2019.2950130>
- Pujol, F. A., Arques, P., Aznar, F., Jimeno, A., Pujol, M., Pujol, M. J., Rizo, R., Saval, M., Sempere, M., Tomás, D., Asensi, M., González, S. y Rodríguez, D. (2020). Robótica educativa como herramienta de aprendizaje de tecnología. En R. Roig, J. M. Antolí, R. Díez y N. Pellín, *Redes de Investigación e Innovación en Docencia Universitaria* (pp. 389-398). Universidad de Alicante, Instituto de Ciencias de la Educación.
- Queiruga-Dios, M. A., López-Iñesta, Díez-Ojeda, M., Saiz-Manzanares, M. C. y Vázquez-Dorrío, B. (2020). Citizen science for scientific literacy and the attainment of SDGs in formal education. *Sustainability*, 12(4283), 1-18. <https://doi.org/10.3390/su12104283>
- Román-Graván, P., Hervás-Gómez, C., Martín-Padilla, A. H. y Fernández-Márquez, E. (2020). Perceptions about the use of educational robotics in the initial training of future teachers: A study on steam sustainability among female teachers. *Sustainability*, 12(10), 4154. <https://doi.org/10.3390/su12104154>
- Rossi, P. H. y Freeman, H. (1993). *Evaluation. A systematic approach* (5.ª ed.). Sage Publications, Inc.
- Serrano, D. R., Fraguas-Sánchez, A. I., González-Burgos, E., Martín, P., Llorente, C. y Lalatsa, A. (2023). Women as Industry 4.0 entrepreneurs: unlocking the potential of entrepreneurship in Higher Education in STEM-related fields. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 12(1), 78. <https://doi.org/10.1186/s13731-023-00346-4>
- Sisman, B., Kucuk, S. y Yaman, Y. (2021). The effects of robotics training on children's spatial ability and attitude toward STEM. *International Journal of Social Robotics*, 13(2), 379-389. <https://doi.org/10.1007/s12369-020-00646-9>

- Stehle, S. M. y Peters-Burton, E. E. (2019). Developing student 21st Century skills in selected exemplary inclusive STEM high schools. *International Journal of STEM Education*, 6(39), 1-15. <https://doi.org/10.1186/s40594-019-0192-1>
- Zhang, Y., Luo, R., Zhu, Y. y Yin, Y. (2021a). Educational robots improve K-12 students' computational thinking and STEM attitudes: systematic review. *Journal of Educational Computing Research*, 59(7), 1450-1481. <https://doi.org/10.1177%2F0735633121994070>
- Zhang, Y., Xu, Q., Lao, J. y Shen, Y. (2021b). Reliability and Validity of a Chinese Version of the STEM Attitude Scale for Primary and Secondary School Students. *Sustainability*, 13, 12661. <https://doi.org/10.3390/su132212661>
- Zúñiga-Muñoz, R. F., Mejía-Córdoba, I. C., Salazar-España, B. G., Tenorio-Melenje, M., Trujillo-Medina, M. A. y Hurtado-Alegría, J. A. (2023). Adjusting the ChildProgramming Methodology to Educational Robotics Teaching and Debugging. *Education Sciences*, 13(9), 936. <https://doi.org/10.3390/educsci13090936>

Abstract

Educational robotics for the development of STEM competence in teacher trainees

INTRODUCTION. The percentage of women studying STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) degrees is lower than that of men, due to social conditioning, institutional structures, deficient advice and early childhood classroom environments towards other areas. Specifically, some studies are beginning to highlight the gender gap that exists in this field, which is essential for the development of society. Along these lines, educational robotics has become an effective tool to help awaken vocations in the STEM field. **METHOD.** The aim of this work was to develop the STEM attitude and competence through robotics in trainee teachers of the Degree in Primary Education, for which a quasi-experimental design with pretest-posttest was applied, where a total of 104 students participated. **RESULTS.** The experimental group that worked hands-on with educational robotics for 13 weeks obtained a higher post-test score indicating an increase in STEM attitude and competence compared to the control group. However, no significant intragroup or intergroup differences were found. **DISCUSSION.** Hands-on learning of STEM subjects motivates a willingness to pursue programming, improves STEM attitudes and skills through educational robotics in the classroom, promotes the inclusion of female students in STEM subjects and reduces the existing gender gap. Finally, fostering motivation and vocation in STEM subjects can have an impact on the fact that female teachers in training can incorporate STEM elements such as robotics in their subsequent teaching practice, and can develop positive and motivating experiences in primary education classrooms, so that students can enjoy learning robotics and arouse their curiosity for learning these subjects.

Keywords: *Robotics, STEM Education, Teacher training, Higher education.*

Résumé

La robotique éducative pour le développement des compétences STIM chez les enseignants en formation

INTRODUCTION. Le pourcentage de femmes qui poursuivent des études dans le domaine des STIM (sciences, technologies, ingénierie et mathématiques) est inférieur à celui des hommes, en raison du conditionnement social, des structures institutionnelles, d'une mauvaise orientation et d'un environnement scolaire peu propice à l'éducation précoce dans d'autres domaines. En particulier, certaines études commencent à mettre en évidence l'écart entre les hommes et les femmes dans ce domaine étant essentiel pour le développement de la société. Dans cette optique, la robotique éducative est devenue un outil efficace pour susciter des vocations dans le domaine des STIM. **MÉTHODE.** L'objectif de la recherche était de développer l'attitude et les compétences en matière de STIM par le biais de la robotique chez les enseignants stagiaires du Grade universitaire d'Éducation Primaire, pour lequel une conception quasi-expérimentale avec pré-test-post-test a été appliquée, avec un total de 104 étudiants participants. **RÉSULTATS.** Le groupe expérimental qui a travaillé de manière pratique avec la robotique éducative pendant 13 semaines a obtenu un score plus élevé au post-test, ce qui indique une amélioration de l'attitude et des compétences en matière des STIM par rapport au groupe de contrôle. Cependant, aucune différence significative n'a été constatée au sein du groupe ni entre les groupes. **DISCUSSION.** Grâce à la robotique éducative l'apprentissage des sujets STIM par la pratique motive la prédisposition à approfondir dans le programme, améliore les attitudes et les compétences STIM, favorise l'inclusion des étudiantes dans ce domaine en réduisant l'écart existant entre les hommes et les femmes. Enfin, l'encouragement de la motivation et de la vocation pour les sujets STIM peut avoir un impact sur le fait que les enseignantes en formation peuvent intégrer des éléments STIM tels que la robotique dans leur pratique pédagogique et peuvent développer des expériences positives et motivantes dans les salles de classe du primaire, de sorte que les élèves puissent apprécier l'apprentissage de la robotique en éveillant leur curiosité pour ces sujets.

Mots-clés : Robotique, Enseignement des STIM, Formation des enseignants, Enseignement supérieur.

Perfil Profesional de los autores

José-María Romero-Rodríguez (autor de contacto)

Profesor ayudante doctor adscrito al Departamento de Didáctica y Organización Escolar de la Universidad de Granada (España). Especialista en tecnología educativa y riesgos asociados al mal uso de Internet. Es IP de varios proyectos I+D+i en estas líneas. Desempeña su labor investigadora dentro del grupo de investigación AREA de la Universidad de Granada.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9284-8919>

Correo electrónico de contacto: romejo@ugr.es

Dirección para la correspondencia: Facultad de Ciencias de la Educación, Campus Universitario Cartuja s/n, 18071, Granada, España.

Juan Carlos de la Cruz Campos

Profesor del Departamento de Didáctica y Organización Escolar de la Universidad de Granada (UGR). Doctor Cum Laude en Educación por la UGR, graduado en Educación Primaria por la Universidad Católica de Murcia (UCAM), licenciado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte y diplomado en Magisterio especialidad de Educación Física por la UGR y Máster en Investigación en Actividad Física y Deporte y Máster en Innovación Educativa y Gestión del Conocimiento, ambos por la Universidad de Málaga (UMA). Miembro del Grupo de investigación AREA (HUM-672).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9263-6799>

Correo electrónico de contacto: juancarlosdelacruz@ugr.es

Magdalena Ramos Navas-Parejo

Profesora en la Facultad de Ciencias de la Educación y el Deporte de Melilla de la Universidad de Granada y miembro del grupo Análisis de la Realidad Educativa (AREA, HUM-672). Doctora en Ciencias de la Educación. Sus líneas de investigación se centran en el estudio de metodologías innovadoras y TIC en educación y animación a la lectura para la inclusión educativa.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9477-6325>

Correo electrónico de contacto: magdalena@ugr.es

José Antonio Martínez Domingo

Profesor en el Departamento de Didáctica y Organización Escolar de la Universidad de Granada (España). Adscrito al grupo SEJ-607: Research, Innovation & Technology in Education (RITE) y Análisis de la Realidad Educativa (AREA, HUM-672). Sus líneas de investigación se centran en competencia digital, redes sociales, nuevas metodologías de enseñanza-aprendizaje, innovación docente y recursos tecnológicos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4976-7320>

Correo electrónico de contacto: josemd@ugr.es