



Prácticas de educación STEM con robótica en Educación Primaria en España: revisión sistemática y análisis comparativo

Miguel Ángel Merino-Fernández y Jairo Ortiz-Revilla

Departamento de Didácticas Específicas. Universidad de Burgos. Burgos. España.

[Recibido: 3 noviembre 2025; Revisado: 14 enero 2026; Aceptado: 1 febrero 2026]

Resumen: La implementación de la educación STEM integrada y la robótica en la Educación Primaria en España está adquiriendo una relevancia progresiva, siendo necesario reflexionar sobre su coherencia y ámbitos de mejora para un progreso consciente de su aplicación. Se presenta una revisión sistemática de las prácticas españolas mediante el protocolo PRISMA 2020 y se analiza su coherencia teórica y práctica a la luz de la literatura científica internacional, con el objetivo de establecer posibles mejoras en aquellas. Los resultados avalan la importancia de abordar el aprendizaje cooperativo o colaborativo junto al aprendizaje basado en proyectos o la indagación científica. Es imprescindible integrar las áreas de matemáticas y ciencias de la naturaleza mediante el diseño, construcción y programación de robots. Se debe mejorar el uso de recursos robóticos de bajo coste como las placas de programación y el desarrollo de la inclusión educativa a través del Diseño Universal para el Aprendizaje.

Palabras clave: robótica educativa; educación STEM integrada; revisión sistemática; educación primaria.

STEM education and robotics in primary education in Spain: systematic review and comparative analysis

Abstract: The progressive rollout of integrated STEM education and robotics in primary education in Spain make it necessary to reflect on issues affecting consistency of delivery and areas for improvement. This paper presents a systematic review of practices in Spain using the PRISMA 2020 protocol, analyses their theoretical and practical coherence in light of international scientific literature, and identifies what improvements may be needed. The results confirm the need to combine cooperative and collaborative learning with project-based learning and scientific inquiry, and to integrate the areas of mathematics and natural sciences through robot design, construction, and programming. In addition, more focus should be placed on the use of low-cost robotic resources, such as programming boards, and the development of educational inclusion through Universal Design for Learning.

Keywords: educational robotics; integrated STEM education; systematic review; primary education.

Introducción

En la actualidad la educación STEM integrada está creciendo exponencialmente en su implementación en el sistema educativo mundial de manera coherente con las reformas curriculares. Uno de sus objetivos primordiales es mejorar la actitud del alumnado hacia las disciplinas STEM, a través de prácticas y experiencias científicas (Martín-Páez et al., 2019).

Debido a ello, en la Educación Primaria (EP) en España, establecida mediante el Real Decreto 157/2022, se ha integrado como indispensable la adquisición de ocho competencias clave al final de esta etapa, siendo una de estas la competencia matemática y competencia en ciencia, tecnología e ingeniería (STEM).

Ferrada et al. (2023) han incidido en la dificultad para poder abordar situaciones de aprendizaje (SA) a través de la educación STEM en el sistema educativo español, ya que este dispone de una separación muy específica por área curricular que complica la integración disciplinar. Ballesta-Claver et al. (2025) establecen que,

“En la actualidad, el profesorado de educación primaria tiene dificultades para enseñar aspectos tecnológicos, de programación y de ingeniería debido a su falta de formación durante sus estudios universitarios” (p. 140).

Atendiendo al Real Decreto 157/2022 de EP en España y específicamente al Decreto 38/2022 de EP en Castilla y León, se ha incorporado en el segundo y tercer ciclo del área de matemáticas el contenido de robótica educativa en sus bloques de sentido espacial y sentido algebraico, así como en el primer y segundo ciclo del área de ciencias de la naturaleza en su bloque de tecnología y digitalización. En ciencias de la naturaleza también se ha recogido tanto el contenido de las estructuras robotizadas, como el de las profesiones STEM desde una perspectiva de género, en el bloque de cultura científica del tercer ciclo.

En el Decreto 38/2022 se establecen orientaciones para abordar el aprendizaje interdisciplinar desde cada área, con el objetivo de integrar dos o más áreas en las SA, relacionándose con las premisas de la educación STEM (National Academy of Engineering and National Research Council [NAE/NRC], 2014).

Así, Sánchez Sánchez et al. (2020) y Ferrada et al. (2023) han establecido la importancia de implementar la robótica en las SA, con el objetivo de generar habilidades de pensamiento computacional, de programación informática y de resolución de problemas, a través de modelos integrados. Para alcanzar estas metas y dada la notable y rápida expansión de la educación STEM y la robótica, consideramos necesario reflexionar sobre la coherencia de las prácticas existentes en España en aras de identificar mejoras para un progreso consciente de su aplicación.

La educación STEM es independiente de la robótica educativa, es decir, ambas no tienen por qué operar obligatoriamente de manera cohesionada, sino que se pueden encontrar tanto de manera aislada como conjunta. Esta última consideración es en la que nos hemos centrado en este estudio.

Ante este panorama, nos planteamos dos objetivos:

- Caracterizar las prácticas que implementan la educación STEM junto a la robótica en EP en España, en base a cuatro categorías de estudio derivadas de la literatura científica internacional.
- Analizar la coherencia teórica y práctica de las características de las prácticas españolas, a través de su comparación categorial con las prácticas internacionales, para identificar oportunidades de mejora.

Marco teórico

Educación STEM integrada y robótica educativa

La educación STEM se entiende como un movimiento pedagógico que integra las disciplinas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, a través de la integración de sus sucesivas áreas de EP (matemáticas y ciencias de la naturaleza), con el objetivo de resolver problemas socialmente relevantes (Ortiz-Revilla et al., 2020; Perales Palacios y Aguilera, 2020). Este enfoque favorece habilidades como la innovación, la creatividad, el pensamiento crítico, el trabajo en equipo y la comunicación de resultados (Theodoropoulou et al., 2023). Para ello, destaca el uso de metodologías como el aprendizaje basado en proyectos (ABP), inherente a los proyectos de robótica y que sigue cuatro fases: reto inicial, creación de un producto, exposición, reflexión y evaluación de este (Ruiz Vicente et al., 2020), favoreciendo sus conocimientos y habilidades STEM (Hu et al., 2023). Ortiz-Revilla et al. (2022) establecen que la mayoría de las prácticas STEM en EP han integrado las ciencias y matemáticas, relegando a un papel secundario a la tecnología e ingeniería, aunque se están integrando metodologías como el proceso de diseño de ingeniería (PDI) y la enseñanza de las ciencias basada en la indagación (ECBI), que permiten integrar las cuatro disciplinas. Merino-Fernández et al. (2023) han abordado una actividad con ambas metodologías junto a la robótica en EP con el objetivo de integrar las matemáticas y las ciencias de la naturaleza, a través de la construcción y programación de una catapulta robótica con Lego WeDo 2.0., para resolver un problema real e indagar sobre la longitud, masa y ángulos. La ECBI tiene la capacidad de integrar las disciplinas STEM mediante la resolución de problemas reales, favoreciendo la reflexión, la argumentación, el sentido crítico, la comunicación científica, etc. (Greca et al., 2020; NRC, 2012).

La robótica, junto a la programación informática por bloques, son herramientas didácticas que favorecen las interacciones prácticas del alumnado a través del uso de robots con el fin de favorecer el desarrollo cognitivo, habilidades de colaboración, de resolución de problemas, de creatividad, innovación, pensamiento crítico, etc. (Floroiu et al., 2019; Theodoropoulou et al., 2023). Se identifican multitud de prácticas que abordan la robótica en España, avalándose la mejora del alumnado en la comprensión de conceptos matemáticos y computacionales (Sáez-López et al., 2019), mejorando su competencia en sostenibilidad, así como su rendimiento, motivación e interés (Ruiz Vicente et al., 2020; Sánchez Sánchez et al., 2020). Además, la robótica permite abordar de manera integrada conceptos de ingeniería y tecnología en contextos reales, favoreciendo la comprensión de contenidos científicos y matemáticos (Siouli et al., 2019). Por último, la robótica se asocia a metodologías como el aprendizaje basado en problemas, proyectos y colaborativo, así como a la corriente pedagógica del constructivismo, a la teoría del construccionismo y al modelo TPACK (González-Fernández et al., 2021).

La robótica favorece la inclusión educativa del alumnado y especialmente de aquel con necesidades específicas de apoyo educativo (ACNEAE). Lindsay y Hounsell (2017) han aplicado un programa de robótica en un aula hospitalaria con niños y niñas con discapacidad física y trastorno del espectro del autismo (TEA), a través de adaptaciones educativas, cognitivas, físicas y sociales, en donde el alumnado ha manifestado que disfrutó de la experiencia y aprendió sobre construcción y programación de robots, aumentando su interés por vocaciones STEM.

Con el objetivo de alcanzar la inclusión en el aula, el Center for Applied Special Technology (CAST, 2024) ha creado el Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA). El DUA es un enfoque pedagógico inclusivo que tiene por objetivo que el alumnado desarrolle su capacidad de autogestión, siendo partícipe de sus objetivos de aprendizaje con intención, reflexión,

ingenio, autenticidad, estrategia y acción. Este enfoque adquiere vital importancia en el currículo español de EP (Decreto 38/2022; Real Decreto 157/2022), buscando reducir las barreras de aprendizaje mediante el diseño de SA que contengan múltiples medios para el compromiso, la representación, y la acción y la expresión (CAST, 2024). Thoma et al. (2023) han implementado los principios del DUA en una práctica STEAM (incluye las artes y humanidades a su predecesor STEM) en 2º de EP, obteniéndose una mejora en las competencias clave del alumnado, así como en sus capacidades de autoevaluación y coevaluación, entre otras.

Características de las situaciones de aprendizaje que abordan la educación STEM a través de la robótica educativa en Educación Primaria

Se va a considerar por literatura científica internacional al conjunto de investigaciones indexadas en bases de datos que aporten datos significativos sobre las características de las prácticas STEM con robótica, independientemente de su país de procedencia.

A continuación, se explicitan las características observadas recurrentemente en la literatura científica, emergiendo cuatro categorías:

- En cuanto a las disciplinas y contenidos STEM integrados, se establecen tres modelos educativos, clasificados de menor a mayor nivel de integración:
 1. Ingeniería (E) junto a tecnología (T): mecánica, electrónica, programación informática, construcción (Chou, 2018; de Vink et al., 2023).
 2. Ciencias de la naturaleza y ciencias sociales (S) (animales vertebrados, ecosistemas, biodiversidad, energías, movilidad) junto a 'E' y 'T' (Ruiz Vicente et al., 2020; Sánchez Sánchez et al., 2020).
 3. Ciencias de la naturaleza (S) (física, electricidad, luz, máquinas simples, sensores, motores, proyectos de diseño, pensamiento computacional) junto a 'T', 'E' y matemáticas (M) (geometría, orientación espacial, longitud) (Chaudhary et al., 2016; Lindsay y Hounsell, 2017; Siouli et al., 2019; Stergiopoulou et al., 2017).
- Se observa como parámetro común el desarrollo de actividades de diseño, construcción y programación de un artefacto robótico, destacando el uso de Lego WeDo 2.0. (Hudson et al., 2020; Rakhmanina et al., 2022; Sánchez Sánchez et al., 2020) y, sobre todo, de Lego Mindstorms EV3 (Chaudhary et al., 2016; Coufal, 2022; Lindsay y Hounsell, 2017; Ponce et al., 2022; Siouli et al., 2019; Theodoropoulou et al., 2023). En menor medida, se encuentran evidencias del uso de los robots mBot (Chou, 2018; Sáez-López et al., 2019) y Leaphy (de Vink et al., 2023), programados a través de la placa electrónica Arduino.
- Respecto a las metodologías didácticas que se han implementado en las prácticas internacionales, destaca el uso del aprendizaje basado en problemas o retos (Chao et al., 2023; Coufal, 2022; Scaradozzi et al., 2020; Siouli et al., 2019), del aprendizaje basado en proyectos (ABP) (Coufal, 2022; Hu et al., 2023; Ruiz Vicente et al., 2020; Scaradozzi et al., 2020) y, sobre todo, del aprendizaje cooperativo o colaborativo (Chao et al., 2023; Coufal, 2022; Hu et al., 2023; Lindsay y Hounsell, 2017; Ruiz Vicente et al., 2020; Sánchez Sánchez et al., 2020; Scaradozzi et al., 2020; Siouli et al., 2019; Stergiopoulou et al., 2017).
- Resalta la puesta en marcha de prácticas inclusivas con ACNEAE, tales como el Trastorno del Espectro del Autismo (TEA) y la discapacidad física (Lampthey et al., 2019; Lindsay y Hounsell, 2017), así como del uso del DUA (Thoma et al., 2023).

Metodología

La presente investigación se llevó a cabo en febrero de 2024 siguiendo una metodología de revisión sistemática, mediante las directrices de la declaración PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (Moher et al., 2009). Se aplicaron unos términos clave de búsqueda, seguido de un filtrado de estudios y de unos criterios de exclusión, con el objetivo de extraer una serie de prácticas que aborden la educación STEM junto a la robótica en EP en España.

El proceso llevado a cabo para abordar esta revisión fue el siguiente:

Se realizó una búsqueda en tres bases de datos científicas: Web of Science (WoS) de Clarivate Analytics, Scopus de Elsevier y Dialnet de la Universidad de la Rioja, complementándose además con la web Google Scholar, en las que se introdujeron los siguientes términos clave de búsqueda:

- STEM AND robot* AND ("Educación Primaria" OR "Primary Education" OR "Primary School" OR "Elementary School" OR "Elementary Education").

Además, se aplicó un filtrado de búsqueda en las tres bases de datos con el objetivo de excluir aquellos estudios que no cumplieran las siguientes directrices:

- Se han abordado en España.
- Se han redactado en español o inglés.
- Disponen de acceso abierto.

En el proceso de filtrado no se ha incluido un límite temporal inicial en los años de publicación de los estudios, con el objetivo de identificar todas las prácticas educativas que cumplieran los criterios definidos. No obstante, se muestra en el apartado de resultados que los estudios recopilados se concentran de 2019 a 2023, lo que refleja el carácter actual y en evolución de este campo de investigación.

Seguidamente, se realizó la lectura del título, resumen y palabras clave de los estudios para aplicar tres criterios de exclusión:

- Criterio 1: No se trata de un estudio de investigación escrito en español o inglés, en el que los términos clave de búsqueda se incluyen en el título, resumen o palabras clave.
- Criterio 2: No se aborda la temática de la educación STEM junto a la robótica educativa.
- Criterio 3: No se lleva a cabo una SA implementada en un grupo de estudiantes.

Posteriormente, se leyeron los artículos resultantes para aplicar otros dos criterios de exclusión:

- Criterio 4: No se detallan una serie de objetivos y resultados de investigación educativos, tras llevarse a cabo con una o varias metodologías didácticas.
- Criterio 5: No se especifican los recursos en robótica educativa usados.

Respecto a estos criterios se van a realizar unas aclaraciones metodológicas:

No se incluyen en la revisión aquellas prácticas que investigan sobre la formación inicial o permanente del profesorado, debido a que se centra en prácticas abordadas con alumnado de EP tanto en contextos de enseñanza formal como no formal (extraescolar).

La revisión abordó la educación STEM junto a la robótica como recurso didáctico, debiendo funcionar ambas cohesionadamente.

Se han excluido aquellas prácticas descriptivas que no han explicitado los objetivos educativos que se buscaba alcanzar, ni los resultados obtenidos tras su implementación, configurándose como imprescindible una evaluación de dicha práctica.

La especificación de los recursos de robótica educativa empleados se ha considerado necesaria, ya que se configura como una categoría a analizar.

A continuación, se muestra en la Figura 1 el diagrama de flujo correspondiente al procedimiento de revisión:

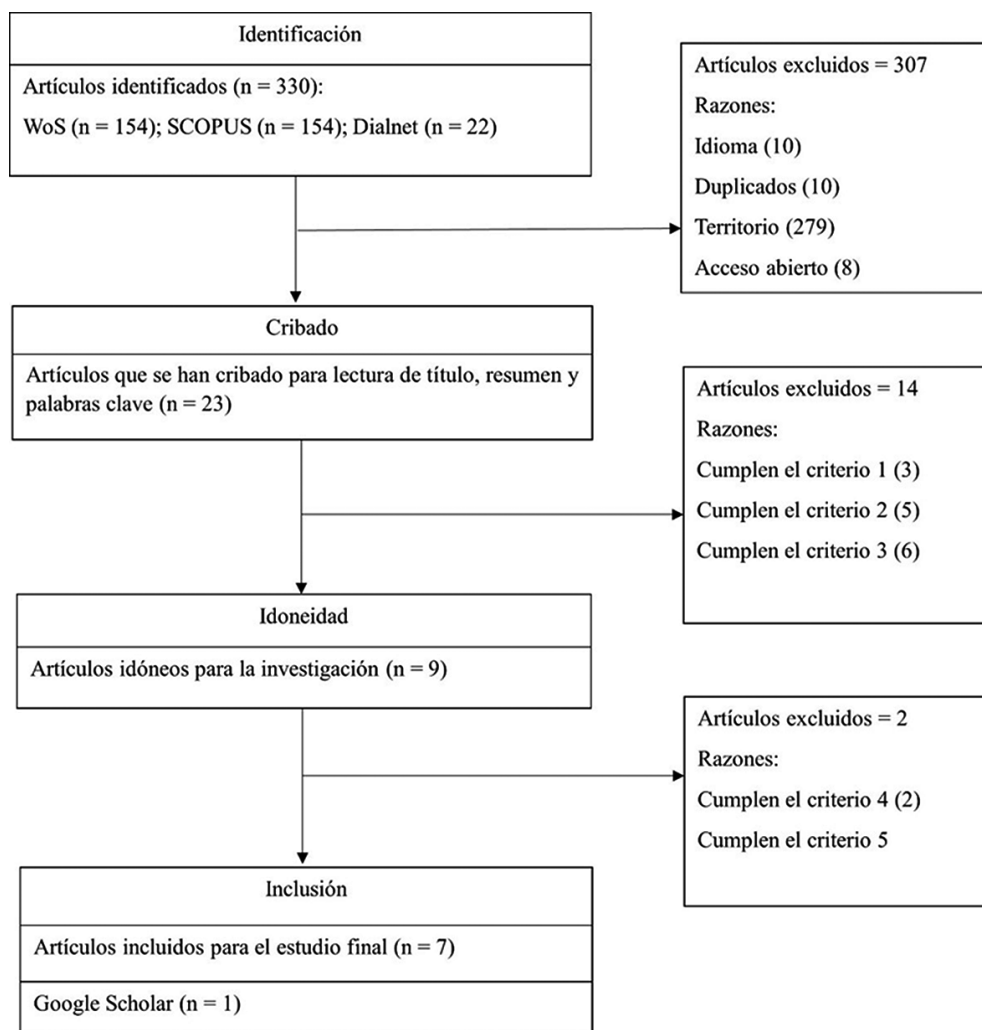


Figura 1. Diagrama de flujo de la revisión sistemática. Fuente: elaboración propia

Se ha de especificar que la web Google Scholar no dispone de filtrado de búsqueda, por lo que se usó su herramienta de búsqueda avanzada para introducir dichos términos clave, lo que arrojó un volumen de miles de resultados. Debido a esto se realizó una investigación exploratoria en sus cinco primeras páginas, encontrándose un único artículo que cumplió estos cinco criterios de exclusión.

Derivado de ello, se recopilaron en total ocho prácticas de EP en España.

Se ha usado como instrumento de análisis de las prácticas españolas una matriz de datos (Anexo 1) construida a través de las características observadas en la literatura científica internacional. En estos estudios se observó la afluencia de cuatro categorías temáticas (Miles y Huberman, 1994), que se usaron para caracterizar las prácticas españolas.

Además, dicha matriz incorpora en cada categoría una descripción teórica (metodologías: aprendizaje cooperativo...; educación STEM: integración de cuatro disciplinas...), así como las prácticas españolas representativas que cumplan dichos criterios. Esto tiene el objetivo de analizar la información recopilada en las ocho prácticas recogidas, caracterizándola en las cuatro categorías descritas, que se observa en el apartado de resultados.

Posteriormente con el objetivo de analizar su coherencia teórica y práctica con la literatura científica, en el apartado de discusión se han comparado los resultados de ambos contextos, en aras de buscar oportunidades de mejora en las prácticas españolas.

Los resultados de esta revisión deben interpretarse como parciales, ya que se circunscriben a estudios de investigación publicados en revistas y repositorios institucionales de universidades. Debido a la aplicación de cinco criterios de exclusión en tres bases de datos y una web, no se han podido incluir actas de congresos, capítulos de libro, ni prácticas explicitadas en las webs de los centros educativos.

Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en la revisión, para lo que se caracterizan las prácticas españolas en educación STEM que usan la robótica.

Caracterización de las prácticas españolas seleccionadas

Se muestran en la Tabla 1 las categorías analizadas en las ocho prácticas abordadas en España. La categoría de inclusión educativa se ha incorporado en el análisis debido a su relevancia en la literatura científica, aunque no se ha hecho en la Tabla 1 debido a su carencia en las prácticas españolas, configurándose como una oportunidad de mejora.

Tabla 1. Categorización de las prácticas en educación STEM y robótica en EP en España

Autor/es y año	Disciplinas y contenidos STEM	Robot	Metodologías didácticas
1º. Ferrada et al. (2021)	-Ciencias de la naturaleza (S): la velocidad -Tecnología (T): uso de la aplicación Makeblock para programar el robot -Ingeniería (E): construcción del robot -Matemáticas (M): distancias en el plano, ángulos	mBot	-Aprendizaje cooperativo (ACOO) -Enseñanza de las ciencias basada en la Indagación (ECBI)
2º. Ferrada et al. (2023)	-(S): materia y energía -(T): programación del robot mediante el programa Scratch -(E): construcción de una ciudad sostenible -(M): medidas, estadística y probabilidad	mBot	-ECBI -ACOO
3º. Greca et al. (2020)	-(S): uso del método científico para trabajar el contenido de las plantas -(T): uso de la placa Micro:bit -(E): crear un sistema de riego -(M): unidades de medida, tablas y gráficos	Placa BBC Micro:bit	-ECBI -Proceso de diseño de ingeniería (PDI) -Aprendizaje colaborativo (ACOL)

Tabla 1. Categorización de las prácticas en educación STEM y robótica en EP en España. *Continuación*

Autor/es y año	Disciplinas y contenidos STEM	Robot	Metodologías didácticas
4º. Ferrada (2021)	-(S): fuentes de energía y materias primas, electricidad... -(T): programación del robot -(E): montaje del robot y de una ciudad sostenible -(M): medición de distancias, tiempos, superficie, etc.	mBot	-ECBI -Aprendizaje Basado en Problemas -ACOOOP
5º. Hurtado Soler y Santamaría Pérís (2019)	-(S): ecosistemas -(T): programación del robot para resolver retos	Bee-Bot	-ACOOOP -Aprendizaje basado en retos (ABR)
6º. Ferrada y Díaz-Levicoy (2023)	-(S): construcción y el funcionamiento de las máquinas -(T): programación de aplicaciones móviles -(E): ensamblar y diseñar el robot -(M): ángulos de giro, superficies y longitudes	mBot	-ABR -ACOOOP
7º. Casado Fernández y Checa Romero (2020)	-(T): programación del robot para resolver retos -(E): diseñar y crear el robot	VEX Robotics IQ	-ABR -ACOOOP -ECBI
8º. Blancas Muñoz (2021)	-(T): programación de los robots -(E): diseñar y construir el robot	Placa Arduino Uno y kit Grove	-ACOL -ECBI

A continuación, se van a caracterizar cada una de las cuatro categorías de estudio obtenidas de las ocho prácticas españolas:

Disciplinas y contenidos STEM

Destaca la integración que se realiza de las cuatro disciplinas STEM en cinco prácticas españolas (Ferrada, 2021; Ferrada et al., 2021; Ferrada et al., 2023; Ferrada y Díaz-Levicoy, 2023; Greca et al., 2020), con el objetivo de trabajar el área de matemáticas (M) junto al de ciencias (S) de la naturaleza, por medio del diseño y construcción de robots (ingeniería=E) y el uso de herramientas de programación informática (tecnología=T).

Únicamente se encuentran tres prácticas que han integrado dos disciplinas STEM:

Hurtado Soler y Santamaría Pérís (2019) han abordado el área de ciencias (S) de la naturaleza (los ecosistemas) mediante la programación del robot Bee-bot (T), con el objetivo de que este se mueva por un tablero conformado por imágenes de hábitats y animales. Blancas Muñoz (2021) han usado la plataforma de codificación por bloques Visualino para programar los robots (T) que han diseñado y construido (E). Y, por último, Casado Fernández y Checa Romero (2020) han creado robots (E) y los han programado (T) con el objetivo de superar retos, como el de mover un objeto esférico por un puente.

Recursos robóticos

El robot mBot es el recurso más usado, apareciendo en la mitad de las prácticas analizadas (Ferrada, 2021; Ferrada et al., 2023; Ferrada y Díaz-Levicoy, 2023; Ferrada et al., 2021).

Este artefacto favorece habilidades de diseño y construcción (E), así como de iniciación a la programación por bloques (T).

En menor medida, se encuentra el uso del robot Bee-bot (Hurtado Soler y Santamaría Pérís, 2019), el kit VEX Robotics IQ (Casado Fernández y Checa Romero, 2020) y las placas de programación Micro:bit (Greca et al., 2020) y Arduino Uno (Blancas Muñoz, 2021). Micro:bit y Arduino se configuran como recursos adecuados debido a su bajo coste, favoreciendo la integración de contenidos científicos, matemáticos y de programación informática, a través de la recopilación y análisis de datos mediante sensores de luz y temperatura, LEDs, etc.

Metodologías didácticas

Destaca, que en las ocho prácticas se han incorporado métodos de aprendizaje cooperativos (ACOO) o colaborativos (ACOL) en pequeños grupos, aunque siempre combinándose con otras metodologías activas.

Por un lado, en seis prácticas se ha usado la enseñanza de las ciencias basada en la indagación (ECBI) (Blancas Muñoz, 2021; Casado Fernández y Checa Romero, 2020; Ferrada, 2021; Ferrada et al., 2023; Ferrada et al., 2021; Greca et al., 2020). En estas prácticas, se ha usado la robótica como recurso de apoyo en la formulación de hipótesis de investigación, de diseño experimental y de evaluación y discusión de resultados (Greca et al., 2020).

Por otro lado, en tres prácticas se ha abordado el aprendizaje basado en retos (ABR) (Casado Fernández y Checa Romero, 2020; Ferrada y Díaz-Levicoy, 2023; Hurtado Soler y Santamaría Pérís, 2019) y en una el aprendizaje basado en problemas (Ferrada, 2021). Ambas metodologías han tenido el objetivo de que el alumnado resolviera desafíos trabajando en equipo mediante la programación y uso de artefactos robóticos.

Por último, se ha recogido una práctica que ha abordado el proceso de diseño de ingeniería (PDI), que integra las fases de diseño, experimentación, evaluación, discusión y comparación de soluciones (Greca et al., 2020).

Inclusión educativa

No se encuentran evidencias del uso del DUA, ni de experiencias inclusivas con ACNEAE. Únicamente Ferrada et al. (2023) ha desarrollado una práctica inclusiva con el objetivo de mejorar la actitud por las ciencias y las matemáticas en un centro con alumnado en contextos de vulnerabilidad.

Discusión

A continuación, se ha analizado la coherencia teórica y práctica existente en las características de las prácticas españolas a la luz de la literatura científica internacional con el objetivo de establecer posibles mejoras en estas. Para ello, se han establecido las cuatro categorías especificadas:

Disciplinas y contenidos STEM

En la literatura científica también se han encontrado prácticas STEM que integran las áreas de matemáticas (M) y ciencias de la naturaleza (S) a través de la construcción (E) y programación (T) de robots (Chaudhary et al., 2016; Lindsay y Hounsell, 2017; Siouli et al., 2019; Stergiopoulou et al., 2017).

Por lo que en el panorama español se debe seguir en esta línea de trabajo con el objetivo de diseñar, implementar y evaluar prácticas de robótica que integren dos o más disciplinas STEM, para abordar conjuntamente las áreas STEM de EP (NAE/NRC, 2014).

Stergiopoulou et al. (2017), Casado y Checa (2020), Greca et al. (2020) y Hurtado y Santamaría (2019) han mostrado que la educación STEM junto a la robótica han mejorado la motivación, compromiso y actitud positiva hacia las disciplinas STEM, así como su comprensión y explicación sobre la ciencia.

Recursos robóticos

Como aspecto a mejorar en las prácticas españolas destacamos las ventajas que facilita el robot Lego EV3. Cannon-Ruffo (2020) y Chaudhary et al. (2016) han constatado que su uso ha beneficiado el rendimiento académico en las áreas STEM, las habilidades de ingeniería, la colaboración, el pensamiento computacional y la resolución de problemas.

El uso de recursos robóticos de bajo coste como las placas de programación Micro:bit (Piljek et al., 2023) y Arduino (Tsalmpouris et al., 2021) permite la creación de robots con material fácil de adquirir y de código abierto, por lo que, se configura como un aspecto de mejora en las prácticas españolas. El estudio de Hu et al. (2023) ha puesto de manifiesto que el uso de juguetes y robots fabricados con material de bajo coste favorecieron las actitudes y los resultados en el aprendizaje de las disciplinas STEM.

Metodologías didácticas

Destaca la implementación del ACOOP o ACOL junto al aprendizaje basado en retos o problemas en ambos contextos. La principal diferencia entre ellos radica en que en las prácticas españolas sobresale la implementación de la ECBI y, en cambio, en la literatura científica del ABP (Coufal, 2022; Hu et al., 2023; Ruiz Vicente et al., 2020; Scaradozzi et al., 2020).

El ABP desarrolla competencias de resolución de problemas reales (Coufal, 2022) y la ECBI mejora las actitudes hacia las ciencias y las matemáticas (Ferrada et al., 2023).

El uso del ACOOP o del ACOL favorece la autorregulación, ayuda mutua, intercambio de información y resolución de problemas y retos (Nemiro, 2021; Sisman et al., 2022).

En cuanto al uso del aprendizaje basado en problemas o retos, se ha constatado una mejora actitudinal hacia el aprendizaje y el trabajo colaborativo (Siouli et al., 2019).

Se ha observado un uso coherente de metodologías activas en las prácticas españolas, alineado con las orientaciones metodológicas del Decreto 38/2022 para las áreas de EP.

Se aconseja implementar también el ABP en las prácticas españolas, ya que estudios como el de Hu et al. (2023) ha favorecido el desarrollo de conocimientos y habilidades STEM, de creatividad e innovación y actitudes positivas hacia estas áreas.

Como aspecto a incluir en España, aconsejamos implementar también el PDI, que consiste en solucionar un problema real, para lo cual se hace una lista con los materiales y requisitos necesarios, se establecen unas hipótesis, se dibuja un boceto, se construye un prototipo, se extraen unas conclusiones y se mejora (Merino-Fernández et al., 2023). El uso combinado de la ECBI con el PDI favorece el aprendizaje de contenidos científico-matemáticos, de habilidades tecnológicas y de pensamiento computacional (Greca et al., 2020).

Inclusión educativa

Es imprescindible mejorar la puesta en práctica de estrategias de inclusión educativa en las prácticas españolas, tal como se puede observar en el contexto internacional. Lamptey et al. (2019) han desarrollado una experiencia STEM de robótica con alumnado con discapacidad física y trastornos del neurodesarrollo que ha favorecido su interés por las disciplinas STEM. Thoma et al. (2023) han llevado a cabo un proyecto a través del uso del DUA

junto a la educación STEAM y la robótica en EP, obteniéndose mejoras en el aprendizaje y en la participación del alumnado. Por lo que se debe mejorar necesariamente la inclusión de estrategias como el DUA y de experiencias inclusivas con ACNEAE en las prácticas españolas.

Conclusiones

En coherencia con los objetivos de esta investigación, primeramente se han caracterizado ocho prácticas que han implementado y evaluado SA con educación STEM y robótica en EP en España atendiendo a cuatro categorías de estudio observadas en la literatura científica. En segundo lugar, se ha analizado la coherencia teórica y práctica en España mediante análisis comparativo con dicha literatura, con el propósito de buscar oportunidades de mejora.

En primer lugar, en las prácticas españolas se ha observado un uso variado de la educación STEM, aunque con claro predominio en la integración de sus cuatro disciplinas en cinco prácticas. Se ha observado una coherencia teórico-práctica con el contexto internacional, en el que también se han integrado dos, tres o cuatro disciplinas STEM. Por lo que establecemos la necesidad de seguir abordando en España prácticas que integren contenidos de matemáticas y/o ciencias de la naturaleza, a través de la construcción (E) y programación (T) de robots, reduciendo aquellas que no incluyan alguna de estas dos áreas de EP.

En cuanto al uso de recursos robóticos en dichas prácticas se ha extraído un uso variado de estos en ambos contextos. Destaca el uso de robots construibles (E) y programables (T), tales como mBot en España y Lego EV3 en la literatura científica, aconsejándose el uso positivo de este último en España.

Chou (2018) y Tsalmipouris et al. (2021) han avalado el uso de la placa Arduino Uno que usa el software de programación por bloques Scratch, ampliamente trabajado en EP, compatible con el robot mBot, entre otros. Por lo que se establece el uso de este tipo de placas como aspecto a mejorar en España, con el objetivo de construir y programar robots propios de bajo coste (Hu et al., 2023). Greca et al. (2020) han indicado que el uso de la placa micro:bit con sensores de temperatura y humedad para crear un sistema de riego domótico ha propiciado beneficios en cooperación y pensamiento computacional, con un coste mucho más reducido que los robots mBot o Lego EV3.

Respecto a la implementación de metodologías activas en las prácticas españolas, se ha obtenido un uso coherente con la literatura científica del ACOL/ACOOOP junto con el ABR/problemas.

Se concluye la necesidad de incluir el ABP en España debido a los beneficios significativos que ha repercutido su uso en la literatura científica, así como de aumentar la implementación del PDI, para solucionar en equipo un problema de ingeniería (Greca et al., 2020). También se debe seguir abordando la ECBI, la cual no destaca internacionalmente, pero en España ha mejorado las actitudes hacia las ciencias y las matemáticas (Ferrada et al., 2023), entre otros aspectos.

La última categoría analizada es la inclusión educativa, de la que se ha observado un uso prácticamente nulo en las prácticas españolas, a diferencia del contexto internacional en el que se abordan experiencias con ACNEAE y en menor medida del DUA. Es necesario incorporar el DUA en las prácticas españolas, ya que permite adaptar las SA a las capacidades y características de todo el alumnado desde el inicio, sin necesidad de diseñar adaptaciones curriculares para el ACNEAE (CAST, 2024), lo cual está alineado con el Real Decreto 157/2022 y el Decreto 38/2022.

Por último, se extraen como futuras líneas de investigación la recopilación de prácticas que implementen la educación STEAM a través de la robótica en Europa, considerando la integración de cualquier área de EP, como la educación física y educación plástica y visual o contenidos transversales como la prevención del acoso escolar o la igualdad de género, lo que nos permitiría obtener un marco teórico con reflexiones más amplias sobre dicha temática de investigación.

Referencias bibliográficas

- Ballesta-Claver, J., Roura Redondo, R., Jerez del Valle, C., y Ayllón Blanco, M^a. F. (2025). STEM, programación e indagación en futuros maestros/as. Evaluación del proyecto iSTEMduino. *Enseñanza de las Ciencias*, 43(1), 139-158. DOI: <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.6026>
- Blancas Muñoz, M. (2021). *Knowing what you know: A pedagogical model based on learners' metacognitive abilities* [Tesis de doctorado, Universitat Pompeu Fabra]. TDX (Tesis Doctorals en Xarxa). Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10803/670750>
- Cannon-Ruffo, C. M. (2020). *The Efficacy of Educational Robotics in an Integrated Stem Elementary Curriculum* [Tesis de doctorado, Northern Illinois University]. Recuperado de: <https://huskiecommons.lib.niu.edu/allgraduate-thesesdissertations/6894/>
- Casado Fernández, R., y Checa Romero, M. (2020). Robótica y Proyectos STEAM: Desarrollo de la creatividad en las aulas de Educación Primaria. *Píxel-BIT: Revista de Medios y Educación*, 58, 51-69. DOI: <https://doi.org/10.12795/pixelbit.73672>
- Center for Applied Special Technology. (2024). *Universal Design for Learning Guidelines version 3.0*. Recuperado de: <https://udlguidelines.cast.org/>
- Chao, J.-Y., Liu, C.-H., y Kao, H.-C. (2023). Science, Technology, Engineering, and Mathematics Curriculum Design for Teaching Mathematical Concept of Perspective at Indigenous Elementary School Using Robots. *Sensors and Materials*, 35(5), 1547-1556. DOI: <https://doi.org/10.18494/SAM4051>
- Chaudhary, V., Agrawal, V., y Sureka, A. (2016). An Experimental Study on the Learning Outcome of Teaching Elementary Level Children using Lego Mindstorms EV3 Robotics Education Kit. *ArXiv, abs/1610.09610*.
- Chou, P.-N. (2018). Skill Development and Knowledge Acquisition Cultivated by Maker Education: Evidence from Arduino-based Educational Robotics. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(10), em1600. DOI: <https://doi.org/10.29333/ejmste/93483>
- Coufal, P. (2022). Project-Based STEM Learning Using Educational Robotics as the Development of Student Problem-Solving Competence. *Mathematics*, 10(23), 4618. DOI: <https://doi.org/10.3390/math10234618>
- de Vink, I. C., Tolboom, J. L. J., y van Beekum, O. (2023). Exploring the effects of near-peer teaching in robotics education: The role of STEM attitudes. *Informatics in Education*, 22(2), 329-350. DOI: <https://doi.org/10.15388/infedu.2023.10>
- Decreto 38/2022, de 29 de septiembre, por el que se establece la ordenación y el currículo de la educación primaria en la Comunidad de Castilla y León. *Boletín Oficial de Castilla y León*. Valladolid, 30 de septiembre de 2022, núm. 190, pp. 48316-48849.
- Ferrada-Ferrada, C. (2021). *Diseño e implementación de actividades STEM a partir del trabajo en robótica, con metodologías activas en 3º ciclo de Educación Primaria*

- [Tesis de doctorado, Universidad de Granada]. DIGIBUG: Repositorio Institucional de la Universidad de Granada. DOI: <http://hdl.handle.net/10481/76036>
- Ferrada-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° y 6° de educación primaria de España. *Investigações em Ensino de Ciências*, 28(1), 111-126. DOI: <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2023v28n1p111>
- Ferrada-Ferrada, C., y Díaz-Levicoy, D. A. (2023). Robótica, programación y una aproximación a la educación ambiental. *Transformación*, 19(1), 30-52.
- Ferrada-Ferrada, C., Puraivan Huenuman, E., Silva-Díaz, F., y Díaz-Levicoy, D. (2021). Robotics applied to classroom in Primary Education: a case in the Spanish context. *Sociología y Tecnociencia*, 11(Extra_2), 240–259. DOI: https://doi.org/10.24197/st.Extra_2.2021.240-259
- Florioiu, D., Patric, P. C., y Duta, L. (2019). Trends in Educational Robotics. En N. A. Aspragathos, P. N. Koustoumpardis y V. C. Moulianitis (Eds.), *Advances in Service and Industrial Robotics: Proceedings of the 27th International Conference on Robotics in Alpe-Adria Danube Region (RAAD 2018)* (Vol. 67, pp. 737-744). Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-00232-9_77
- González-Fernández, M. O., González-Flores, Y., y Muñoz-López, C. (2021). Panorama de la robótica educativa a favor del aprendizaje STEAM. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(2), 2301. DOI: https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i2.2301
- Greca, I. M., García Terceño, E. M., Fridberg, M., Cronquist, B., y Redfors, A. (2020). Robotics and Early-years STEM Education: The botSTEM Framework and Activities. *European Journal of STEM Education*, 5(1), 01. DOI: <https://doi.org/10.20897/ejsteme/7948>
- Hu, C. C., Yang, Y. F., Cheng, Y. W., y Chen, N. S. (2023). Integrating educational robot and low-cost self-made toys to enhance STEM learning performance for primary school students. *Behaviour & Information Technology*, 43(8), 1614-1635 DOI: <https://doi.org/10.1080/0144929X.2023.2222308>
- Hudson, M.-A., Baek, Y., Ching, Y.-h., y Rice, K. (2020). Using a Multifaceted Robotics-Based Intervention to Increase Student Interest in STEM Subjects and Careers. *Journal for STEM Education Research*, 3, 295–316. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41979-020-00032-0>
- Hurtado Soler, A., y Santamaría Pérís, N. (2019). La robótica en la enseñanza de las ciencias en primaria, una experiencia con Bee-Bot. *Creativity and Educational Innovation Review (CEIR)*, (3), 104-119. DOI: <https://doi.org/10.7203/CREATIVITY.3.15977>
- Lamprey, D. L., Cagliostro, E., Srikanthan, D., Hong, S., Dief, S., y Lindsay, S. (2019). Assessing the Impact of an Adapted Robotics Programme on Interest in Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) among Children with Disabilities. *International Journal of Disability, Development and Education*, 68(1), 62–77. DOI: <https://doi.org/10.1080/1034912X.2019.1650902>
- Lindsay, S., y Hounsell, K. G. (2017). Adapting a robotics program to enhance participation and interest in STEM among children with disabilities: a pilot study. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 12(7), 694–704. DOI: <https://doi.org/10.1080/17483107.2016.1229047>

- 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. DOI: <https://doi.org/10.1002/sce.21522>
- Merino-Fernández, M. A., Ortiz-Revilla, J., y Greca, I. M. (2023). Diseño universal para el aprendizaje en educación STEAM* integrada: una experiencia en educación primaria. *Revista de Enseñanza de la Física*, 35(2), 223-235. DOI: <https://doi.org/10.55767/2451.6007.v35.n2.43733>
- Miles, M., y Huberman, A. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook*. (2ª ed.). Sage Publications.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., y Group*, P. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *Annals of Internal Medicine*, 151(4), 264-269. DOI: <https://doi.org/10.7326/0003-4819-151-4-200908180-00135>
- National Academy of Engineering and National Research Council. (2014). *STEM Integration in K – 12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research*. The National Academies Press. DOI: <https://doi.org/10.17226/18612>
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: practices, crosscutting concepts, and core ideas*. The National Academies Press. DOI: <https://doi.org/10.17226/13165>
- Nemiro, J. E. (2021). Building Collaboration Skills in 4th- to 6th-Grade Students Through Robotics. *Journal of Research in Childhood Education*, 35(3), 351–372. DOI: <https://doi.org/10.1080/02568543.2020.1721621>
- Ortiz-Revilla, J., Adúriz-Bravo, A., y Greca, I. M. (2020). A Framework for Epistemological Discussion on Integrated STEM Education. *Science & Education*, 29, 857-880. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00131-9>
- Ortiz-Revilla, J., Greca, I. M., y Arriasec, I. (2022). A Theoretical Framework for Integrated STEM Education. *Science & Education*, 31, 383–404. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00242-x>
- Perales Palacios, F. J., y Aguilera, D. (2020). Ciencia-Tecnología-Sociedad vs. STEM: ¿evolución, revolución o disyunción? *Ápice. Revista de Educación Científica*, 4(1), 1-15. DOI: <https://doi.org/10.17979/arec.2020.4.1.5826>
- Piljek, P., Kotarski, D., Scuric, A., y Petanjek, T. (2023). Prototyping and Integration of Educational Low-Cost Mobile Robot Platform. *Technicki Glasnik-Technical Journal*, 17(2), 179-184. DOI: <https://doi.org/10.31803/tg-20220714131724>
- Ponce, P., López-Orozco, C. F., Reyes, G. E. B., Lopez-Caudana, E., Parra, N. M., y Molina, A. (2022). Use of Robotic Platforms as a Tool to Support STEM and Physical Education in Developed Countries: A Descriptive Analysis. *Sensors*, 22(3), 1037. DOI: <https://doi.org/10.3390/s22031037>
- Rakhmanina, A., Pinchuk, I., Vyshnyk, O., Tryfonova, O., Koycheva, T., Sydorko, V., y Iliencko, O. (2022). The Usage of Robotics as an Element of STEM Education in the Educational Process. *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security*, 22(5), 645-651.
- Real Decreto 157/2022, de 1 de marzo, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Primaria. *Boletín Oficial del Estado*. Madrid, 2 de marzo de 2022, núm. 52, pp. 24386-24504.

- Ruiz Vicente, F., Zapatera Llinares, A., y Montés Sánchez, N. (2020). "Sustainable City": A Steam Project Using Robotics to Bring the City of the Future to Primary Education Students. *Sustainability*, 12(22), 9696. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12229696>
- Sáez-López, J.-M., Sevillano-García, M.-L., y Vázquez-Cano, E. (2019). The effect of programming on primary school students' mathematical and scientific understanding: educational use of mBot. *Educational Technology Research and Development*, 67, 1405–1425. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11423-019-09648-5>
- Sánchez Sánchez, T., Serrano Sánchez, J. L., y Rojo Acosta, F. (2020). Influence of Educational Robotics on Motivation and Cooperative Learning in Primary Education: a Case Study. Innoeduca. *International Journal of Technology and Educational Innovation*, 6(2), 141–152. DOI: <https://doi.org/10.24310/innoeduca.2020.v6i2.6779>
- Scaradozzi, D., Cesaretti, L., Screpanti, L., y Mangina, E. (2020). Identification of the Students Learning Process During Education Robotics Activities. *Frontiers in Robotics and AI*, 7, 21. DOI: <https://doi.org/10.3389/frobt.2020.00021>
- Siouli, S., Dratsiou, I., Antoniou, P. E., y Bamidis, P. D. (2019). Learning with Educational Robotics through Co-Creative Methodologies. *Interaction Design and Architecture(s) Journal – IxD&A*, (42), 29-46. DOI: <https://doi.org/10.55612/s-5002-042-002>
- Sisman, B., Kucuk, S., y Ozcan, N. (2022). Collaborative behavioural patterns of elementary school students working on a robotics project. *Journal of Computer Assisted Learning*, 38(4), 1018-1032. DOI: <https://doi.org/10.1111/jcal.12659>
- Stergiopoulou, M., Karatrantou, A., y Panagiotakopoulos, C. (2017). Educational Robotics and STEM Education in Primary Education: A Pilot Study Using the H&S Electronic Systems Platform. En D. Alimisis, M. Moro y E. Menegatti (Eds.), *Educational Robotics in the Makers Era* (pp. 88-103). DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-55553-9_7
- Theodoropoulou, I., Lavidas, K., y Komis, V. (2023). Results and prospects from the utilization of Educational Robotics in Greek Schools. *Technology, Knowledge and Learning*, 28, 225–240. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10758-021-09555-w>
- Thoma, R. Farassopoulos, N., y Lousta, C. (2023). Teaching STEAM through universal design for learning in early years of primary education: Plugged-in and unplugged activities with emphasis on connectivism learning theory. *Teaching and Teacher Education*, 132, 104210. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tate.2023.104210>
- Tsalmpouris, G., Tsinarakis, G., Gertsakis, N., Chatzichristofis, S. A., y Doitsidis, L. (2021). HYDRA: Introducing a Low-Cost Framework for STEM Education Using Open Tools. *Electronics*, 10(24), 3056. DOI: <https://doi.org/10.3390/electronics10243056>

Anexo 1

Instrumento de análisis de las SA STEM con robótica en EP en España

Categoría estudiada	Descripción de la categoría	Prácticas españolas representativas
a) Disciplinas y contenidos STEM integrados		
b) Recursos en robótica educativa empleados		
c) Metodologías didácticas implementadas		
d) Inclusión educativa (ACNEAE / DUA)		