



ARTÍCULOS

Propuesta metodológica para integrar de manera interdisciplinar proyectos STEAM, robótica y método experimental en Educación Primaria

Methodological proposal to integrate STEAM projects, robotics and experimental method in an interdisciplinary way in Primary Education

Proposta metodològica per integrar projectes STEAM, robòtica e mètode experimental de forma interdisciplinària no Ensenyament Fundamental

Mirian Checa Romero

Universidad de Alcalá, España

m.checa@uah.es

[ORCID 0000-0002-5992-2320](https://orcid.org/0000-0002-5992-2320)

Raquel Casado Fernández

Universidad de Alcalá, España

raquel.casado@me.com

[ORCID 0000-0001-8874-6031](https://orcid.org/0000-0001-8874-6031)

Recibido: 2024-12-20 | **Revisado:** 2025-06-23 | **Aceptado:** 2025- 07- 04

Resumen

Numerosos estudios evidencian la necesidad de promover el desarrollo de las competencias del siglo XXI en el alumnado desde edades tempranas, con el fin de impactar positivamente en su formación integral. En el ámbito de la Educación Primaria, una táctica utilizada para influir en algunas de estas competencias es la integración de las siguientes estrategias metodológicas: proyectos STEAM, tecnología robótica y método experimental. Este artículo presenta una guía en la que se agrupan en cuatro categorías los puntos clave para considerar por los docentes al integrar de manera combinada dichas estrategias metodológicas. Para ello, se lleva cabo un estudio exploratorio etnográfico en un centro educativo de Madrid, España, en el que se explora el modo en el que el profesorado las integra. Los aportes más representativos evidencian 27 puntos clave por considerar a la hora de planificar, ejecutar y evaluar la integración conjunta de las estrategias metodológicas mencionadas.

Palabras clave: creatividad, indagación, pensamiento crítico, proyectos estudiantiles, robótica.

Abstract

Numerous studies demonstrate the need to promote the development of 21st-century skills in students from an early age, in order to positively impact their overall development. In primary education, one tactic used to influence some of these skills is the integration of the following methodological strategies: STEAM projects, robotics technology, and the experimental method. This article presents a guide that groups into four categories the key points teachers should consider when integrating these methodological strategies. To this end, an exploratory ethnographic study was conducted in a school in Madrid, Spain, exploring how teachers integrate them. The most representative contributions highlight 27 key points to consider when planning, implementing, and evaluating the joint integration of the aforementioned methodological strategies.

Keywords: creativity, critical thinking, inquiry, robotics, student projects.

Resumo

Inúmeros estudos demonstram a necessidade de promover o desenvolvimento de habilidades do século XXI nos alunos desde cedo, a fim de impactar positivamente seu desenvolvimento geral. No campo da Educação Básica, uma tática utilizada para influenciar algumas dessas competências é a integração das seguintes estratégias metodológicas: projetos STEAM, tecnologia robótica e métodos experimentais. Este artigo apresenta um guia que agrupa em quatro categorias os pontos-chave que os professores devem considerar ao integrar essas estratégias metodológicas. Para tanto, foi realizado um estudo etnográfico exploratório em um centro educacional de Madrid, Espanha, explorando como os professores as integram. As contribuições mais representativas destacam 27 pontos-chave a serem considerados no planejamento, execução e avaliação da integração conjunta das estratégias metodológicas mencionadas.

Palavras-chave: criatividade, investigação, pensamento crítico, projetos estudantis, robótica.

Introducción

El papel de facilitador en el proceso enseñanza-aprendizaje que asume el docente desde el paradigma constructivista del aprendizaje es fundamental para que el estudiante sea el verdadero protagonista. Para ello, el profesado debe diseñar espacios que potencien los Entornos de Aprendizaje Constructivistas (EAC) (Jonassen, 2008) y, de esta forma, conseguir que los estudiantes se involucren y tomen el papel activo que requiere este enfoque. Pero, además, también es necesario que el docente aplique estrategias metodológicas que favorezcan que los alumnos imaginen y creen, añadiendo una extensión del constructivismo denominado “construccionismo” (Papert, 1980). Algunas de las estrategias metodológicas compatibles con estas teorías son: los proyectos STEAM, el método experimental y la tecnología robótica. La integración en el aula de estas estrategias, junto con la aplicación de las denominadas metodologías activas, en especial aquellas derivadas del construccionismo como el *tinkering*, el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) o la cultura *maker*, podrían favorecer el rol activo de los estudiantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

El presente artículo tiene como objetivo presentar una guía con los puntos clave para considerar por el equipo docente, que ayude al profesorado a planificar, ejecutar y evaluar la integración conjunta de las siguientes estrategias metodológicas: los proyectos STEAM, la robótica educativa y el método experimental, con el fin de favorecer el rol activo de las y los estudiantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Para ello, se realizó una investigación cuyo objetivo fue analizar en profundidad el modo en que el profesorado integraba un programa educativo propio basado en los proyectos STEAM, aplicando la robótica educativa y el método experimental.

El presente artículo sigue la siguiente estructura: i) una revisión bibliográfica en la que se hace un recorrido de los antecedentes teóricos basados en investigaciones previas en las que se integran en las aulas las estrategias metodológicas citadas; ii) el marco teórico en el que se lleva a cabo un desarrollo teórico-conceptual de los entornos de aprendizaje y de las competencias del siglo XXI, desde la perspectiva de la pedagogía activa; iii) una descripción detallada de la metodología empleada, en la que se describe el método y el diseño de la investigación, la selección de la muestra, el proceso de investigación, así como el procedimiento, la técnica y los instrumentos utilizados para la recogida de datos. Para finalizar, se incluye un apartado con i) el análisis de los resultados recogidos tras la exploración y, por último, un apartado con v) la discusión y conclusiones finales.

Revisión de la literatura

Los proyectos STEAM (acrónimo de las disciplinas: science, technology, engineering, arts, mathematics) se presentan como una potente estrategia interdisciplinar que permite al profesorado integrar contenidos curriculares de distintas disciplinas de una manera práctica y muy motivadora para el alumnado, pudiendo acercar a los estudiantes al mundo real a través de actividades de mayor complejidad (Kim *et al.*, 2014). Cuando los docentes aplican en el aula este tipo de estrategias, favorecen la transferencia de conocimientos entre una disciplina y otra, potenciando la capacidad del estudiante para resolver problemas desde diferentes enfoques, haciendo que la experiencia sea más profunda y significativa (Bertrand y Namukasa, 2020).

Una particularidad de esta estrategia metodológica es que la solución al problema planteado suele ser un objeto tecnológico (Sánchez-Ludeña, 2019). En este sentido, utilizar los proyectos STEAM junto a la robótica educativa como estrategia metodológica va a suponer un gran incentivo para los estudiantes, haciendo el proceso más atractivo y motivador (Arabit y Prendes, 2020; Piñero *et al.*, 2023; Sánchez-Sánchez, 2019), fomentando el acceso a los entornos digitales (Castro-Sandoval y Sánchez-Borrero, 2021). Como define García y Castrillejo (2011), la robótica educativa supone poner al alcance de los estudiantes las

herramientas necesarias para que puedan desarrollar dispositivos externos al ordenador, pero que estén controlados por este. Estos autores definen la robótica educativa bajo un enfoque en cuatro palabras: imaginar, diseñar, construir y programar, y afirman que la clave está en el desarrollo del robot u objeto técnico, más allá de su aplicabilidad. Esta estrategia, por tanto, puede ser utilizada por los docentes para favorecer el desarrollo de la creatividad digital desde la creatividad analógica (Valero-Matas, 2020). Diversas investigaciones afirman que, cuando el docente combina los proyectos STEAM con la tecnología robótica, mejoran los niveles de comprensión de los contenidos curriculares tratados, disminuyendo el nivel de dispersión en el aula (Rodríguez et al., 2017), impactando así en el rendimiento escolar del alumnado (Casado y Checa-Romero, 2020). Esta mayor comprensión del fenómeno favorece la capacidad del estudiante para transmitir lo aprendido y compartirlo con sus iguales, desarrollando las habilidades colaborativas y el trabajo en equipo (Lazzari, 2014). Por otra parte, la creación de entornos de aprendizaje tecnológicos a través de la robótica educativa favorece el trabajo cooperativo, impulsando a los estudiantes a reflexionar, a buscar y comparar para crear conocimiento, desarrollando habilidades cognitivas y sociales que los llevan a crear estrategias para la solución de problemas que con el trabajo individual no se fomentaría (Sánchez-Sánchez, 2019).

Por su parte, Arabit y Prendes (2020), en su estudio sobre metodologías para enseñar STEM en primaria, concluyen que, para mejorar la integración de estas disciplinas, es necesario que el docente implemente de forma conjunta otras metodologías activas en el aula, ya que el contexto STEAM no proporciona por sí solo un enfoque de enseñanza. Diversos autores defienden que son compatibles con la aplicación conjunta del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) o la cultura *maker* (ej: Bertrand y Namukasa, 2020; Martín-Páez et al., 2019; Ruiz-Vicente, 2017) que, entre otros beneficios, van a seguir potenciando el aprendizaje colaborativo y la resolución de problemas (Escribano y Del Valle, 2008).

De esta forma, van a permitir que el alumnado relacione los contenidos STEAM con su entorno más cercano, mejorando la división disciplinar con el objetivo de desarrollar las competencias clave de las materias implicadas (Ferrada, 2021). Así, se contribuirá a una mayor alineación con los contextos del mundo real (White y Delaney, 2021), ya que los problemas cotidianos son habitualmente complejos y difíciles de solucionar exclusivamente desde una única aproximación disciplinar. En este sentido, es necesario adoptar enfoques complementarios a través de actividad combinada, potenciando los beneficios de la ansiada educación inter o transdisciplinar (López-Banet et al., 2021) o lo que incluso algunos autores llaman la metadisciplina (Simarro y Couso-Lagaron, 2018).

La aplicación del ABP supone dar la vuelta al proceso de enseñanza-aprendizaje, dejando que sean los estudiantes quienes escojan los materiales didácticos y definan la secuencia de aprendizaje, para responder a un problema contextualizado específico planteado por el docente y relacionado con diversas áreas de estudio. Por este motivo, son muchos los autores que enmarcan a los proyectos STEAM dentro del ABP (Domènech-Casal et al., 2019; Higuera et al., 2019; Sánchez-Ludeña, 2019).

Esta estrategia metodológica, basada en el enfoque de enseñanza por indagación y propia de la forma habitual de trabajar ciencia, es utilizada por los docentes en todos los niveles educativos como mecanismo para desarrollar las competencias curriculares, así como para potenciar la investigación y la colaboración (Blanco-López et al., 2018). Por otro lado, el enfoque dialógico que potencian tanto el ABP como las experiencias STEAM es fundamental para que se produzca aprendizaje, surgiendo de manera natural la necesidad de alinear las diferentes disciplinas, esto es así por la propia necesidad de exponer las diferentes ideas personales a los miembros del grupo de trabajo, y en línea con la perspectiva constructorista y constructivista social (Ching-Chiang y Fernández-Cárdenas, 2020).

La cultura *maker*, por su parte, se presenta como una combinación inseparable del ABP. De hecho, Aleixo et al. (2021) afirman que su principal ventaja es su capacidad para

favorecer el trabajo cooperativo, potenciando los llamados *maker spaces* en la educación K-12 (4-12 años), muy conectados con los principios construccionistas (Papert, 1980). Esta metodología, basada en el movimiento de “hazlo tú mismo”, surge de la posibilidad de adquirir componentes tecnológicos a precios populares, sumado a la reutilización de los materiales y las opciones que ofrece internet para conectarlo todo y construir un objeto técnico, facilitando que el docente pueda trabajar actividades interdisciplinarias. De esta forma, se acercan a disciplinas complejas de una manera práctica, desarrollando nuevos esquemas cognitivos (Borges *et al.*, 2019). Una forma derivada de la cultura *maker* para desarrollar las experiencias STEAM es el *tinkering* (pensar con las manos o aprender haciendo) (Sánchez-Ludeña, 2019). La particularidad de esta metodología radica en que el estudiante no debe seguir un orden concreto para llevar a cabo la actividad planteada ni conoce el resultado final, sino que, mediante una metodología lúdica y exploratoria de prueba y error, va avanzando en su creación, teniendo la sensación de estar jugando para superar el problema o reto planteado por el docente (Resnick y Rosenbaum, 2013). Esta metodología acerca a los estudiantes a dar respuestas a los retos constantes que surgen en la sociedad, donde ya no sólo es necesario la adquisición de conocimientos, sino el desarrollo de la creatividad y la abstracción, destrezas propias del método experimental, donde el alumnado puede aprender haciendo de una manera más significativa y estructurada (Medeiros, 2022).

Así, la inclusión de espacios *tinkering* en las escuelas acercaría al alumnado a los postulados propios del método experimental, presentándose como una estrategia metodológica que, junto a los proyectos STEAM, el profesorado puede combinar para garantizar la puesta en práctica del pensamiento lógico y abstracto (Vossoughi y Bevan, 2014). De esta forma, el alumnado se adentrará en diferentes métodos de investigación, exploración, descubrimiento y construyendo el conocimiento como si de científicos se tratasen (Suárez-Zapata *et al.*, 2018). La implantación de esta estrategia favorece las competencias científicas en los estudiantes mejorando, entre otros aspectos, su capacidad de análisis y de aplicación (Barajas y Alvarado, 2018; Tunc y Bagceci, 2021), así como el desarrollo de habilidades de pensamiento (Casado y Checa-Romero, 2020). Por este motivo, la creación de estos entornos activos, donde los estudiantes puedan explorar e indagar, buscando soluciones creativas ante un problema, se hace imprescindible (Zona-López y Giraldo-Márquez, 2017). Por tanto, esta base metodológica de carácter científico favorece una práctica docente de enseñanza activa, para que los estudiantes adquieran habilidades de pensamiento crítico, siendo su desarrollo una finalidad educativa de primer nivel (Albertos y De la Herrán, 2018).

Marco teórico

Las y los estudiantes de la sociedad del conocimiento deben prepararse para desenvolverse en entornos dinámicos e impredecibles, lo que subraya la importancia de favorecer el desarrollo de habilidades que les permitan afrontar problemas complejos y desconocidos. Es por ello que se precisa de contextos de aprendizaje capaces de formar a ciudadanos competentes, habilitados para desenvolverse en un mundo caracterizado por la globalización y en constante cambio (Forero, 2009). La formación competencial necesaria implica desarrollar en los y las estudiantes una actitud crítica y colaborativa, fortaleciendo su capacidad comunicativa y complementándola con grandes dosis de ingenio y creatividad. De esta manera, podrán encontrar soluciones innovadoras y efectivas para resolver los desafíos a los que deberán enfrentarse en el futuro (Castell, 1999). Es por ello que los entornos de aprendizaje han evolucionado significativamente, pasando de ser espacios centrados en la transmisión de conocimientos a entornos dinámicos y flexibles que fomentan la participación activa del estudiante (Rodríguez-González, 2006). En definitiva, estos entornos buscan promover la innovación y creatividad, la comunicación y colaboración, así como el

pensamiento crítico y la capacidad para resolver problemas complejos, siendo estas competencias consideradas como esenciales para el desarrollo integral del estudiante del siglo XXI (Binkley *et al.*, 2012).

Los entornos de aprendizaje que requiere la sociedad actual se sustentan en una pedagogía activa y, de esta forma, funcionan como propulsores del desarrollo de las competencias propias del siglo XXI en las y los estudiantes (Fernández–González, 2016). En estos entornos, se promueve un enfoque centrado en el estudiante, quien asume un rol activo en su proceso de aprendizaje, mientras el docente adopta una función de facilitador o guía en el proceso. El enfoque activo se basa en las teorías constructivistas de Piaget (1978), que sostienen que el conocimiento se construye a través de la interacción y la experiencia, y es por ello que se debe potenciar el uso de metodologías participativas, donde el estudiante no es un receptor pasivo de información, sino un protagonista que investiga, experimenta y reflexiona. Esto fomenta las conocidas como habilidades blandas, destrezas clave para el desarrollo de las competencias del siglo XXI.

Las denominadas “habilidades blandas” comprenden capacidades fundamentales como la comunicación efectiva, la colaboración con otros, el pensamiento crítico y la creatividad. Estas destrezas son consideradas esenciales para lograr un desarrollo integral del conocimiento y del carácter de las personas, ya que van más allá de las habilidades técnicas necesarias para desarrollar una tarea concreta, conocida como “habilidades duras”. El concepto de habilidades blandas surgió en EE.UU en 1972 con el fin de diferenciar los dos conjuntos de destrezas. En ese momento, el ejército de los Estados Unidos comenzó a reconocer que, aunque las habilidades técnicas y especializadas eran importantes para desempeñar tareas específicas, no eran suficientes por sí solas para garantizar un rendimiento efectivo en el entorno laboral (De la Ossa, 2022). Por ello, se hizo necesario también valorar y fomentar habilidades interpersonales y comportamentales, que contribuyen al desarrollo completo de la persona. En la actualidad, potenciar y fortalecer estas habilidades blandas se considera de suma importancia en la formación de los estudiantes del siglo XXI, ya que les permite prepararse de manera adecuada para afrontar los desafíos y las demandas del mundo al que deberán enfrentarse a su edad adulta, caracterizado por su constante cambio y necesidad de habilidades sociales y cognitivas sólidas (Romero y Joya, 2024).

Para alcanzar de manera exitosa el desarrollo de las competencias deseadas en los estudiantes, resulta fundamental la implementación de estrategias metodológicas que sean efectivas y adecuadas en el entorno del aula. En este contexto, las metodologías activas, que son ampliamente conocidas y valoradas en el ámbito educativo, desempeñan un papel crucial al promover un aprendizaje más participativo y significativo. Estas metodologías contribuyen de manera significativa al desarrollo integral de las y los estudiantes, desde las etapas más tempranas de su formación, permitiéndoles adquirir habilidades, conocimientos y actitudes que serán fundamentales a lo largo de su vida académica y personal.

Metodología

Método y diseño de investigación

Por la necesidad de documentar el modo en el que el profesorado integra las estrategias metodológicas objeto del presente estudio, se hace necesario que la investigación se decante por un enfoque cualitativo ya que, según postula Rodríguez *et al.* (1996), la finalidad de este tipo de investigación es describir, comprender e interpretar los fenómenos, a través de las percepciones y significados producidos por las experiencias de los participantes, para que el investigador se forme creencias propias sobre el fenómeno estudiado, a través de diferentes diseños investigativos. En concreto, en este trabajo de investigación, se utilizó un diseño basado en un estudio de caso etnográfico, ya que la complejidad del fenómeno

estudiado implica una experiencia de acercamiento y observación en el entorno educativo que permita conocer en profundidad el proceso enseñanza-aprendizaje (Anderson-Levitt, 2006).

El método etnográfico es una técnica de investigación cualitativa que consiste en sumergirse en el entorno que se desea estudiar para comprenderlo desde la perspectiva de las personas que lo viven. En esencia, el investigador se integra en la comunidad o grupo, observando, participando y recopilando información de manera cercana y detallada. Una de las principales bondades del método etnográfico en la investigación educativa es que permite obtener una visión profunda y auténtica de las experiencias, prácticas y valores de los estudiantes, docentes y otros actores en su contexto natural. Esto ayuda a entender mejor cómo funcionan las dinámicas en las instituciones educativas, cuáles son las necesidades reales y cómo se desarrollan los procesos de enseñanza y aprendizaje en la vida cotidiana. Además, este método favorece la identificación de aspectos culturales, sociales y emocionales que quizás no serían evidentes con otros enfoques más superficiales. Gracias a ello, los investigadores pueden diseñar intervenciones, o programas educativos más ajustados a la realidad, promoviendo un cambio positivo y más efectivo. En resumen, el método etnográfico es una herramienta poderosa en la investigación educativa porque permite captar la complejidad de los entornos escolares y comprender mejor las experiencias de quienes participan en ellos.

Selección de la muestra

El estudio de caso etnográfico consistió en la exploración de la práctica docente, a través de la observación, durante el desarrollo de un programa educativo. Este se llevó a cabo en un centro educativo de la comunidad de Madrid, España, y tuvo una duración de 18 sesiones. El programa fue liderado por el profesorado de 5º y 6º de primaria y el equipo investigador. El centro se seleccionó de manera intencional con base en el siguiente criterio: se buscaba un centro en el que su proyecto educativo estuviera basado en los pilares esenciales para el enfoque metodológico que se pretendía explorar. En concreto, el estilo educativo del centro seleccionado se basa, entre otros, en los siguientes aspectos: i) necesidad de poner al alumnado en el centro del proceso, siendo el protagonista de su aprendizaje; ii) la creencia de la educación integral basada en actividades interdisciplinares utilizando la tecnología robótica con nexo entre las distintas enseñanzas; iii) el énfasis en el aprendizaje significativo, a través de la innovación metodológica.

El centro educativo seleccionado está ubicado en la ciudad de Móstoles, situada al suroeste de la capital de España, Madrid. Es una de las ciudades más grandes de la región con una extensión de más de 45 km² y con más de 200.000 habitantes. En términos socioeconómicos, Móstoles cuenta con un nivel medio y con gran diversidad de nacionalidades entre sus habitantes. El centro educativo es de ámbito privado y de carácter religioso. Cuenta con amplios espacios educativos, entre los que destacan las aulas del futuro, que incluyen equipamiento robótico.

Estos espacios están especialmente diseñados para el aprendizaje colaborativo desde una perspectiva activa del aprendizaje. El centro es de línea 1 y su oferta educativa cubre la enseñanza obligatoria. El sistema educativo español cuenta con tres etapas de enseñanza obligatoria: tres niveles de Educación Infantil (3-5 años), seis de Educación Primaria (6-11 años) y cuatro de Educación Secundaria (12-14 años). En concreto, este centro cuenta con más de 300 estudiantes, el 20 % de Educación Infantil, el 45 % de Educación Primaria y el 35 % restante de Educación Secundaria. Los participantes fueron: el profesorado de los cursos de 5º y 6º de Educación Primaria de dicho centro, el alumnado de dichos niveles educativos y el propio equipo investigador.

Sobre el profesorado, contamos con la participación de tres profesores, un profesor con edad comprendida entre los 30-35 años, especialista en el ámbito científico, una profesora

con edad comprendida entre los 25-30 años, especialista en el ámbito lingüístico y otra profesora con edad comprendida entre los 35-40 años, especialista en el ámbito artístico; todos ellos de nacionalidad española.

En relación con el alumnado participante, enfatizar que las y los estudiantes de estos cursos tienen una edad comprendida entre los 9 y 12 años en el momento de la investigación. Edad idónea para el presente estudio, ya que comienza a desarrollarse el pensamiento abstracto y comienzan a razonar de manera crítica, buscando soluciones a problemas complejos (Piaget, 1978). En concreto, participaron 57 estudiantes, donde el 47 % eran de quinto curso y el 53 % de sexto. El programa estaba planificado de tal modo que el alumnado de ambos cursos participaba de manera conjunta repartidos en equipos de trabajo de entre 4 y 8 estudiantes. Para la formación de estos grupos, se tuvo en cuenta los distintos ritmos de aprendizaje, así como sus particularidades individuales. En todos ellos, había estudiantes de quinto curso, que asumían el rol de “aprendices”, ya que era su primer año en el programa, y de sexto curso, que asumían el rol de “expertos”, siendo su segundo año. El equipo investigador, por su parte, adoptó un rol de observador participante, lo que le permitió adentrarse en la cultura del centro y conocer en profundidad el proceso de integración de dichas estrategias metodológicas.

Proceso de investigación

El equipo investigador siguió las cuatro fases fundamentales en el proceso de toda investigación cualitativa, definidas por Rodríguez *et al.* (1996): (i) preparatoria, (ii) trabajo de campo, (iii) analítica e (iv) informativa. En este apartado, se describen las dos primeras etapas, dejando para el apartado de análisis y resultados la dos últimas.

Fase preparatoria (i): al inicio del curso escolar, el profesorado mantuvo reuniones con el equipo investigador, en las que se dieron a conocer las características del programa y la metodología que se seguiría en el aula, con el fin de determinar si ambos aspectos estaban alineados entre los dos grupos de interés. El programa planteado por el centro se basaba en los proyectos STEAM, planteado bajo un aprendizaje transversal en los que el alumnado trabajaría conjuntamente contenidos curriculares propios de Matemáticas, Ciencias Naturales, Plástica y Lengua. Del mismo modo, incluía la necesidad de plantear un reto al que los alumnos debían dar respuesta, construyendo un objeto técnico o maqueta, utilizando la tecnología robótica, y apoyándose en el método experimental para dar respuesta al reto planteado. Los aspectos más relevantes del programa quedan recogidos en la Tabla 1. En dichas reuniones, también se determinaron los medios de recogida de datos que se utilizarían. Además, el profesorado mantuvo una reunión con las familias de los alumnos participantes para darles a conocer la intervención y solicitar los consentimientos informados.

Tabla 1

Programa basado en los proyectos STEAM

PROGRAMA BASADO EN LOS PROYECTOS STEAM	
1	Elección del tema a investigar con el que dar respuesta al reto
2	Definición del objetivo y pregunta de investigación

3	Elección del nombre del equipo de trabajo en relación con el tema de investigación
4	Definición del objeto técnico con el que dar respuesta al reto planteado
5	Creación del objeto técnico o maqueta
6	Contrastación con apoyo de la maqueta si se da respuesta al reto planteado
7	Corrección de posibles errores y nuevas pruebas hasta hallar la solución
8	Documentación del proceso de indagación en el cuaderno de campo
9	Determinar el modo de presentación y preparación de esta
10	Exposición con el fin de compartir su experiencia con la comunidad

Nota: elaboración propia.

Trabajo de campo (ii): la exploración se llevó a cabo durante la realización del programa que fue ejecutado a lo largo del curso escolar, entre los meses de octubre y mayo, y que tuvo una duración de 18 sesiones, de 50 minutos cada una. Para la ejecución del programa, el profesorado siguió el orden detallado a continuación. Dedicó la primera sesión a explicar a los estudiantes el desarrollo programa basada en el proyecto STEAM. Se les explicó el reto planteado por el equipo docente: aplicación de la tecnología robótica para ayudar a los ciudadanos en las tareas de su vida cotidiana, bajo el lema de “inventos para la comunidad”. Así pues, el alumnado debería construir un objeto técnico o maqueta con el que dar respuesta al reto planteado, utilizando tecnología robótica. Dada la naturaleza abierta de estos proyectos, no se impuso ninguna limitación ni condición, ya que cada equipo podría libremente decidir qué recursos utilizar para llevar a cabo su maqueta y el modo en el que hallar la respuesta al reto, siguiendo la denominada metodología *tinkering*. Alineados con esta idea y guiados por el profesorado, en las siguientes sesiones, el alumnado trabajó libremente, explorando y descubrimiento mediante prueba y error, hasta hallar la solución al reto. En la última sesión, los distintos equipos presentaron sus maquetas ante el resto del profesorado y las familias, debiendo explicar el proceso llevado a cabo, mostrar el objeto técnico realizado y demostrar el hallazgo con el que dieron respuesta al reto planteado con ayuda de la maqueta. El desarrollo de estas sesiones ofreció tres productos finales: i) el cuaderno de campo, dónde los estudiantes documentan el proceso (Figura 1); ii) el objeto técnico o maqueta, con el que comprobaron la viabilidad de su idea; iii) y el medio de presentación (Figura 2), con el que dieron a conocer sus maquetas.

Figura 1

Estudiantes trabajando con su cuaderno de campo



Nota: elaboración propia.

Figura 2

Equipo presentando sus maquetas



Nota: elaboración propia.

Procedimiento, técnica e instrumentos de recogida de datos

La técnica empleada para la recogida de datos fue la observación participante, que se empleó durante la fase preparatoria, así como durante el trabajo de campo. El equipo investigador utilizó como instrumento de recogida de datos un cuaderno de campo en el que, a modo de diario, fue documentándose lo acontecido en el aula para su posterior análisis. El cuaderno de campo utilizado estaba compuesto de 18 fichas, una por cada día de sesión en la que se desarrolló el programa educativo. En cada ficha, se registró la fecha de la sesión, la hora de inicio y fin de esta, el profesorado y alumnado participantes y las actuaciones llevadas a cabo dentro del aula, diferenciando entre las indicaciones realizadas por el profesorado y las acciones llevadas a cabo por el alumnado. Para el registro pormenorizado de los datos, se siguió el método fenomenológico. Este método se centra en examinar la experiencia desde la perspectiva de quienes la viven, ya que, como afirman Aguirre-García y Jaramillo-Echeverri (2012) en su trabajo sobre las aportaciones de este método en la investigación educativa, este procedimiento sirve como modo de indagar las realidades escolares haciendo más comprensibles fenómenos cotidianos, lo que permite que los docentes se hagan cada vez más conscientes de su función como educadores. Esto es relevante para entender la experiencia del

proceso enseñanza-aprendizaje y, desde esta comprensión, poder extraer conclusiones que nos ayuden a elaborar una guía que facilite la labor docente.

Análisis y resultados

La fase analítica de toda investigación cualitativa supone un proceso dinámico y creativo que permite al investigador transformar los datos recogidos en información relevante para la comunidad educativa. Siguiendo las pautas determinadas por Rodríguez *et al.* (1996), el equipo investigador llevó a cabo las dos tareas fundamentales tras la recogida de datos: i) reducción de los datos recogidos; y ii) disposición y transformación de datos.

Como respuesta a la primera tarea, el equipo investigador organizó los datos recogidos convirtiéndolos en información relevante para cumplir con el objetivo del presente artículo. Es decir, extrajo aquello que permitía evidenciar puntos clave considerados por el equipo docente al integrar las siguientes estrategias metodológicas: los proyectos STEAM, la robótica educativa y el método experimental. Esta tarea permitió agrupar los datos en cuatro categorías diferenciadas: i) diseño del programa; ii) implantación y puesta en marcha; iii) seguimiento del programa; y iv) evaluación de este.

Reducidos y transformados los datos en información relevante, el equipo investigador pasó a la fase informativa que supone, según afirma Rodríguez *et al.* (1996), la elaboración de un documento convincente presentando los datos sistemáticamente, que apoyen el caso del investigador, ofreciendo un resumen de los principales hallazgos como forma de presentar los resultados de investigación. A continuación, se presenta de forma pormenorizada una guía que recoge los puntos clave que el profesorado debería tener en cuenta para integrar con éxito las siguientes estrategias metodológicas: los proyectos STEAM, la robótica educativa y el método experimental (Tabla 4).

Tabla 4

Guía con puntos clave para que el profesorado integre las estrategias metodológicas

CATEGORIA 1. DISEÑO DEL PROGRAMA	
1	Determinar materias involucradas en el programa
2	Buscar el desarrollo de las competencias clave
3	Determinar los contenidos curriculares por trabajar
4	Crear una matriz de relaciones: materias y competencias
5	Indicar criterios de evaluación y estándar de aprendizaje
6	Determinar instrumentos de evaluación por utilizar
7	Determinar el problema o reto para resolver por el alumnado
8	Determinar los recursos humanos involucrados
9	Determinar los recursos materiales necesarios
10	Determinar los recursos tecnológicos a utilizar
11	Determinar los productos finales que llevarán a cabo los estudiantes
12	Definir las etapas a completar por el alumnado
13	Determinar las metodologías activas para aplicar en el aula

14	Determinar las agrupaciones y roles de los estudiantes
15	Determinar el calendario de ejecución
16	Diseñar un programa concreto
CATEGORÍA 2. IMPLANTACIÓN Y PUESTA EN MARCHA	
1	Ejecutar el programa diseñado
2	Documentar el proceso de ejecución del programa
CATEGORÍA 3. SEGUIMIENTO DEL PROGRAMA	
1	Establecer los límites que determinarán el éxito o fracaso
2	Determinar las variables utilizadas como indicadores de medida
3	Determinar la escala de medida
4	Determinar la validez del sistema
5	Establecer un calendario de reuniones
6	Documentar las reuniones
CATEGORÍA 4. EVALUACIÓN DEL PROGRAMA	
1	Diseñar un informe que permita evaluar el programa
2	Diseñar un plan de integración de soluciones
3	Rediseñar el programa

Nota: elaboración propia.

En esta guía, se detallan los puntos clave evidenciados para cada categoría y se incluyen recomendaciones prácticas para que los docentes puedan integrar con éxito las estrategias metodológicas mencionadas.

Categoría 1. Diseño del programa

En esta categoría, se documentan los puntos clave por considerar para que el profesorado pueda diseñar un programa transversal basado en los proyectos STEAM, incorporando la tecnología robótica y siguiendo el método experimental para su ejecución. La primera categoría contiene dieciséis puntos clave:

1. Determinar las materias, áreas o asignaturas que estarán involucradas en el programa seleccionado. Se recomienda al menos tres para conseguir la interdisciplinaridad buscada.
2. Buscar el desarrollo de todas las competencias clave, revisando las competencias específicas de cada materia involucrada y analizando las competencias clave conectadas.
3. Analizar los contenidos curriculares o saberes que se desean trabajar en el programa, analizando los del ciclo educativo en el que se integra el programa con el fin de seleccionar aquellos que se consideran adecuados.
4. Crear una matriz de relaciones incluyendo como campo de fila las materias involucradas, las competencias específicas de dichas áreas y los contenidos por trabajar, y como campo de columna las competencias clave y los descriptores operativos de dichas competencias. En esta matriz, se podrán observar las múltiples

- relaciones entre materias y competencias, con el fin de optimizar el diseño del programa.
5. Identificar los criterios de evaluación y estándares de aprendizaje que se relacionan con los contenidos seleccionados y que permitirían evaluar el contenido curricular trabajado en el programa para determinar si se alcanzan las competencias seleccionadas.
 6. Concretar los instrumentos de evaluación por utilizar en coherencia con las metodologías activas, creando una rúbrica con los criterios de evaluación y los estándares de aprendizaje identificados y utilizando los productos finales llevados a cabo por los estudiantes como producto evaluable. Como instrumento complementario, se propone crear un diario de clase para poder anotar observaciones de cómo se desenvuelve el alumnado. Este documento podría facilitar la consideración de los puntos clave documentados en las categorías 2 y 3, y podría denominarse “diario de clase curso xx-xx”.
 7. Plantear el problema o reto a resolver por el alumnado, aprovechando para responder al Aprendizaje servicio y de ecología para un mundo sostenible. El reto podría ser “ayudar a las personas en las tareas de su vida cotidiana, respetando el ecosistema”.
 8. Establecer los recursos humanos necesarios, siendo interesante contar con la colaboración de las familias y con expertos relacionados con el reto propuesto, para que el alumnado tenga una visión más completa del problema por resolver, junto con el profesorado implicado en el programa.
 9. Evaluar los recursos materiales necesarios, creando espacios colaborativos y motivadores, buscando la interacción del alumnado, apartándole de una postura pasiva.
 10. Especificar las herramientas TIC o recursos tecnológicos necesarios, en especial aquellos relativos a la tecnología robótica. Cuando al alumnado se le plantee el reto a resolver, se recomienda no imponer ninguna limitación en la utilización de múltiples recursos didácticos para la creación de su maqueta, pudiendo optar por cualquier tipo de tecnología para dar respuesta al reto. Una vez que hayan diseñado su solución, se propone realizar una/s sesión/es con un experto en tecnología robótica educativa para que pueda mostrar al alumnado la forma en la que dicha tecnología podría ayudarles a mejorar su objeto técnico o maqueta. Además, integrar otros recursos, tales como la utilización de buscadores para localizar información con la que dar mayor rigor y consistencia a su trabajo, de procesadores de texto para documentar su experiencia, programas de presentaciones para apoyar su exposición, o herramientas de grabación y edición, entre otras, para enriquecerla, contribuirá al aprendizaje y la alfabetización digital.
 11. Estimar los productos finales a llevar a cabo por parte del alumnado, incluyendo al menos: un cuaderno de campo en el que el alumnado documente el proceso; una maqueta para responder a la necesidad de crear un objeto técnico; y algún medio de presentación y difusión para que el alumnado pueda compartir su experiencia. Para la creación de la maqueta, se recomienda apoyarse en la cultura *maker*.
 12. Definir las distintas etapas a completar por el alumnado para llevar a cabo el objeto técnico o maqueta con el que dar solución al reto planteado. Se propone seguir el método experimental: (i) decidir el tema de investigación, por ejemplo, ante el reto “inventos para la comunidad”, el alumnado podría optar por investigar en soluciones relacionadas con el reciclaje o con el consumo eléctrico eficiente, con ayudas a personas con discapacidad visual o motora, entre otras elecciones; (ii) definir el objetivo de la investigación, donde el alumnado debe explicar con mayor profundidad los beneficios de su invento en relación con el reto; (iii) con estas dos etapas completadas, el alumnado estará en disposición de plantear la hipótesis de partida o

pregunta de investigación; (iv) tras esto, deberán analizar el estado de la cuestión, debiendo argumentar la viabilidad del invento, apoyándose en información obtenida de distintas fuentes, tales como la aportación del experto en robótica, bibliografía o recursos web; (v) en la siguiente etapa, deberán definir un plan de trabajo, documentando los pasos necesarios para llevar a cabo su invento, culminándolo con la creación del objeto técnico o maqueta; (vi) tras esto, deberán contrastar la hipótesis, es decir, comprobar la viabilidad de su idea apoyándose en la maqueta construida, ajustando su desarrollo en función de los resultados de las pruebas que vayan realizando; por último, (vii) se recomienda cerrar el proceso con la etapa de conclusión y difusión, debiendo documentar los resultados obtenidos tras las comprobaciones y exponerlos, para compartir su experiencia con el resto de la comunidad educativa de su entorno.

13. Delimitar la metodología que se seguirá en el aula, pudiendo optar por una metodología ordenada como el ABP, o más libre como el *tinkering*, según cómo se sienta más cómodo el docente.
14. Explorar las agrupaciones, roles y organización del aula atendiendo a las necesidades específicas del alumnado, teniendo en cuenta los distintos ritmos de aprendizaje y sus conocimientos previos, buscando la paridad entre niños y niñas y buscando favorecer el aprendizaje colaborativo.
15. Precisar el calendario de ejecución buscando continuidad en las sesiones para profundizar en el aprendizaje. Se recomienda contar con al menos una sesión semanal durante 5 meses, con una duración mínima de 50 minutos. Buscar el horario más adecuado teniendo en cuenta la curva de fatiga.
16. Diseñar el programa concreto realizando un documento en el que recoger todos puntos clave anteriores. Este documento podría denominarse “programa curso xx-xx”.

Categoría 2. Implantación y puesta en marcha

En esta categoría, se documentan los puntos clave que debería considerar el profesorado para llevar al aula el programa diseñado, pudiendo diferenciarse dos puntos clave: ejecución del programa diseñado; documentación del proceso realizado a través de un registro de lo acontecido en el aula durante el desarrollo del programa, utilizando el diario de clase documentado en la categoría 1.

Categoría 3. Seguimiento del programa

En esta categoría, se concretan los puntos clave a considerar por el profesorado para que puedan llevar un control de la ejecución del programa, pudiendo diferenciarse seis:

1. Analizar las variables por utilizar como indicadores de medida, crear una lista de control para registrar en qué grado se está contribuyendo a la integración de las estrategias metodológicas. Para los proyectos STEAM, se podrían utilizar como indicadores de medida los criterios de evaluación y estándares de aprendizaje identificados; para la robótica educativa, la tecnología utilizada en la creación de la maqueta; y, para el método experimental, la evolución de las distintas etapas para completar por el alumnado. Para ello, se propone utilizar como indicadores de medida tanto el proceso creativo (utilizando el diario de clase recomendado en la categoría 1) como la forma en la que el alumnado lo documenta, utilizando el cuaderno de campo llevado a cabo por estos.
2. Examinar la escala de medida utilizando una escala cualitativa, dándole un valor numérico que facilite el análisis posterior (2, 1 y 0). Al definir la escala, el docente debería asegurarse de que favoreciera resultados significativos y relevantes que

contribuyan a la toma de decisiones para mejorar dicha integración. Para los proyectos STEAM, se propone utilizar la escala: conseguido (C), en proceso (EP) o no conseguido (NC). Para valorar la documentación del proceso que lleva a cabo el alumnado en relación con la robótica educativa y el método experimental, se sugiere utilizar la escala: registra siempre todos los pasos (S), a veces (AV) o nunca (N); y para la puesta en práctica, se propone: aplica procesos de gran complejidad que requieren de un análisis crítico por parte del alumnado (PC), aplica procesos sencillos que no requieren de grandes análisis (PS) o aplica procesos básicos sin realizar análisis críticos (PB).

3. Establecer los límites para considerar el éxito del programa considerando que se alcanzó cuando, entre el 100 % y el 70 % del alumnado, se halle en valores de 2 en las distintas escalas de medida, pudiendo considerarlo como aceptable si entre el 70 % y el 50 % se hallan en dicho valor, siempre y cuando no más del 10 % se halle en el valor 0.
4. Evaluar la validez del sistema utilizado. Se sugiere que el profesorado trabaje en triadas, realizando la valoración del proceso con diferentes docentes.
5. Establecer un calendario de reuniones con el profesorado participante a través de reuniones periódicas, cada seis u ocho sesiones, para analizar la situación y prever si el alumnado se encuentra en dificultades para alcanzar el nivel 2 deseable. De este modo, el profesorado podrá realizar propuestas de mejora durante el proceso.
6. Documentar las reuniones realizando un registro, indicando la fecha y los integrantes de cada reunión, documentando los procesos analizados, los problemas detectados y las posibles soluciones, incluyendo el modo en el que el profesorado considera que podría integrarse dicha solución en el programa del siguiente curso. Este registro facilitará lo documentado en la categoría 4. El documento podría denominarse “diario de reuniones curso xx-xx”.

Categoría 4. Evaluación de los resultados

En esta categoría, se sugieren los puntos clave que los docentes debería considerar para que el programa se adapte al contexto educativo, realizando una revisión de manera sistemática. Esta categoría podría incluir tres puntos clave:

1. Generar un informe para evaluar el programa utilizando una hoja de cálculo para el registro de los resultados, que facilitará los cálculos matemáticos de las distintas variables. Se propone realizar tres libros, uno para cada estrategia metodológica y con una hoja por estudiante. Además, se podrían documentar las distintas escalas de medida y los posibles valores en una tabla de 2x2, anotando la valoración del estudiante en la intersección entre la escala y el posible valor. También se podría incluir una hoja final que totalice el resultado de la estrategia para poder hallar los porcentajes con los que determinar el resultado final. El documento podría denominarse “informe de evaluación curso xx-xx”.
2. Diseñar un plan de integración de soluciones realizando un análisis exhaustivo del informe de evaluación y del diario de reuniones, y decidir qué cambios deberían llevarse a cabo en la ejecución del programa del siguiente curso, así como el modo en que dichos cambios se podrían integrar. El documento podría denominarse “plan de integración curso xx-xx”.
3. Especificar el programa. Realizar una última reunión en la que integrar las soluciones de mejora documentadas en el plan de integración, aquellas que fueron probadas y tuvieron éxito, y aquellas que no pudieron ser probadas, pero se espera de ellas un resultado favorable. De este modo, quedaría preparado el programa para el siguiente curso. El documento podría denominarse “programa curso xx-xx”.

Discusión y conclusiones

Ya hace tiempo que está en tela de juicio la perspectiva de una educación basada en métodos memorísticos y en la repetición de datos, donde el docente toma un rol de orador, aplicando una metodología apoyada exclusivamente en clases magistrales, mientras el alumnado debe escuchar, tomar notas y reproducir. Este tipo de educación tenía sentido en una sociedad que debía formar a ciudadanos capaces de adaptarse a la época industrial, donde se requerían habilidades básicas en las que la repetición de la tarea aprendida era la base de casi cualquier profesión (Toffler, 1970). Sin embargo, el momento actual requiere de ciudadanos capaces de analizar de una manera crítica y reflexiva aquello que aprenden, para adaptarlo a una nueva realidad que, sin duda, no coincidirá en el futuro con aquello que aprendieron en las aulas. Para ello, será necesario que conecten diferentes aprendizajes con los que poder resolver problemas complejos, para los que no se les habrá preparado, teniendo en cuenta que vivirán en un mundo dónde los cambios se producirán a gran velocidad, donde lo que hoy es nuevo, mañana estará obsoleto (Christensen *et al.*, 2008). Por este motivo, actualmente, no podemos ni siquiera imaginar los problemas a los que los niños de hoy deberán enfrentarse en su edad adulta, por lo que el rol del docente debe centrarse en ser un buen facilitador, en enseñarles a aprender y desaprender, a caminar por un escenario incierto, a explorar para descubrir, a probar para comprobar, a equivocarse para hallar una solución, etc. En definitiva, debe favorecer en los estudiantes el desarrollo de habilidades de orden superior para que sean capaces de enfrentarse con éxito a los desafíos futuros (Chalkiadaki, 2018).

Como resultado de este estudio, se ofrece una guía para que el docente pueda preparar ese camino cuyo recorrido permita al alumnado aprender a aprender. La guía presentada podría ayudar al docente en esta labor, incluye los puntos clave por considerar para preparar un programa educativo, basado en la aplicación de los proyectos STEAM. Se evidencia que, gracias a ellos, el profesorado puede trabajar de manera conjunta distintas disciplinas, consiguiendo que el alumnado conecte diferentes aprendizajes en la búsqueda de soluciones, aspecto fundamental para que puedan resolver problemas complejos (Bertrand y Namukasa, 2020; Kim *et al.*, 2014). En el programa, además, se incorpora el método experimental puesto que, mediante su aplicación, el docente puede preparar un entorno en el que el alumnado pueda indagar, evaluar e interpretar para descubrir, mediante prueba y error, la solución a un problema previamente planteado. Esto permite al docente trabajar la necesidad de equivocarse para hallar soluciones, sin las consecuencias que podrían derivarse en el mundo real (Albertos y De la Herrán, 2018; Zona-López y Giraldo-Márquez, 2017). Por último, se incorpora en programa la aplicación de la tecnología robótica, presentándose como una estrategia fundamental para que el docente pueda unir las dos estrategias metodológicas anteriores, de una manera motivadora para el alumnado (Arabit y Prendes, 2020; Sánchez-Sánchez, 2019), despertando su interés en el proceso e invitándole a la cooperación. Se recomienda, además, que aplique metodologías activas, tales como el ABP, la cultura *maker* o el *tinkering*, para que puedan simular ese entorno incierto en el que el alumnado debe aprender a caminar (Arabit y Prendes, 2020).

El análisis del resultado de este estudio nos lleva a comprender la necesidad de acompañar la aplicación de estas estrategias metodológicas a través de una revisión constante del programa. Solo una adaptación sistemática del proceso permitirá al docente responder a las necesidades educativas específicas en cada curso académico (Sánchez-Martín *et al.*, 2022). Por ello, se propone complementar el programa con un plan de integración, recogiendo el resultado de un análisis profundo de la situación. De esta forma, el docente puede apoyarse en los documentos presentados en el presente artículo, cuya elaboración se propone dentro de las categorías descritas en el apartado de resultados.

Sin embargo, debemos ser conscientes de la complejidad que presenta esta necesidad adaptativa, ya que el mundo cambia a ritmos vertiginosos y el programa propuesto debe cambiar con él. Por un lado, el docente deberá poseer una gran capacidad de análisis y la habilidad de adaptar los procesos, de una manera crítica y reflexiva. Por otro lado, la comunidad educativa deberá salvar la limitación que supone el tiempo disponible del docente para dedicarse a esta labor. Además, es imprescindible flexibilizar las estructuras rígidas impuestas por el sistema educativo actual, tal y como evidencia Salido-López (2020). En su trabajo sobre la aplicación de este tipo de estrategias, afirma que existe una falta de correspondencia entre la dedicación horaria establecida por la normativa vigente, para cada una de las asignaturas englobadas en nuestro estudio, y los requerimientos temporales de la aplicación de estas estrategias en las aulas. Sólo una gran conciencia de esta necesidad por parte de todos los agentes y contextos educativos implicados podrá llevarnos a dar respuesta al desafío que supone que la educación responda realmente a las necesidades que la sociedad demanda en cada momento.

Cabe destacar que esta investigación se llevó a cabo en un único centro educativo y, por tanto, los resultados no pueden generalizarse. Como futuras líneas de investigación, sería interesante replicar esta investigación en más centros educativos y en diferentes contextos, con el objetivo de estudiar su aplicabilidad a gran escala.



Sin Título, óleo. María José Pérez

Referencias bibliográficas

- Aguirre-García, J. C. y Jaramillo-Echeverri, L. G. (2012). Aportes del método fenomenológico a la investigación educativa. *Revista latinoamericana de estudios educativos*, 8(2), 51-74. Consultado el 30 de noviembre de 2024 de: <https://www.redalyc.org/pdf/1341/134129257004.pdf>
- Albertos-Gómez, D. y De la Herrán-Gascón, A. (2018). Desarrollo del pensamiento crítico en estudiantes de Educación Secundaria: diseño, aplicación y evaluación de un programa educativo. *Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, 22(4), 269-285. <https://doi.org/10.30827/profesorado.v22i4.8416>
- Aleixo-Alves, A., Silvia, B. y Silvia-Ramos, A. (2021). Análisis del uso de la cultura maker en contextos educativos: una revisión sistemática de la literatura. *Educatio Siglo XXI*, 39(2), 143-168. <https://doi.org/10.6018/educatio.465991>
- Anderson-Levitt, K. (2006). Les divers courants en anthropologie de l'éducation. *Dans Éducation et sociétés*, 1(17), 7-27. <https://doi.org/10.3917/es.017.07>
- Arabit-García, J. y Prendes-Espinosa, M. P. (2020). Metodologías y Tecnologías para enseñar STEM en Educación Primaria: análisis de necesidades. *Pixel-Bit, Revista de Medios y Educación*, 1(57), 107-128. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.2020.i57.04>

- Barajas-León, N. A. y Alvarado-Ortiz, J. (2018). Desarrollo de competencias científicas en estudiantes de básica primaria mediante la estrategia didáctica de resolución de problemas. *Espiral, Revista de Docencia e Investigación*, 8(1), 43-52. <https://doi.org/10.15332/erdi.v8i1.2117>
- Bertrand, M. y Namukasa, I. (2020). STEAM education: student learning and transferable skills. *Journal of Research in Innovative Teaching and Learning*, 13(1), 43-56. <https://doi.org/10.1108/JRIT-01-2020-0003>
- Binkley, M., Erstad, O., Herman, J., Raizen, S., Ripley, M., Miller-Ricci, M. y Rumble, M. (2012). Defining Twenty-First Century Skills. En P. M. Griffin, *Assessment and Teaching of 21st Century Skills* (pp. 17-66). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-2324-5_2
- Blanco-López, A., Martínez-Peña, B. y Jiménez-Liso, R. (2018). ¿Puede la investigación iluminar el cambio educativo? *Revista de Educación Científica*, 2(2), 15-28. <https://doi.org/10.17979/arec.2018.2.2.4612>
- Borges-Karen, F. L. y de Menezes, C. (2019). Um estudo sobre pensamento formal no contexto dos makerspaces educacionais. *VIII Congresso Brasileiro de Informática na Educação*, 8(1), 971. <https://doi.org/10.5753/cbie.webie.2019.971>
- Casado-Fernández, R. y Checa-Romero, M. (2020). Robótica y Proyectos STEAM: Desarrollo de la creatividad en las aulas de Educación Primaria. *Pixel-BIT Revista de Medios y Educación*, 1(58), 51-69. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.73672>
- Castell, M. (1999). *La era de la información. Vol. I: la sociedad red*. Siglo XXI Editores.
- Castro-Sandoval, D. P. y Sánchez-Borrero, C. A. (2021). *Implementación de Arduino para desarrollar pensamiento computacional con metodología STEAM a través de la electrónica en informática en estudiantes de undécimo en Barranquilla-Atlántico* [trabajo de grado]. Bucaramanga, Universidad de Santander, Colombia. Consultado el 30 de noviembre de 2024 de: <https://repositorio.udes.edu.co/handle/001/6599>
- Chalkiadaki, A. (2018). A Systematic Literature Review of 21st Century Skills and Competencies in Primary Education. *International Journal of Instruction*, 11(3), 1-16. <https://doi.org/10.12973/iji.2018.1131a>
- Ching-Chiang, L. W. C. y Fernández-Cárdenas, J. M. (2020). Analysing Dialogue in STEM Classrooms in Ecuador: A Dual Socioeconomic Context in a High School. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 9(2), 194-215. <http://dx.doi.org/10.7821/naer.2020.7.529>
- Christensen, C., Horn, M. y Johnson, C. (2008). *Disrupting Class: cómo la innovación disruptiva cambiará la forma en que el mundo aprende*. McGraw Hill Professional. <https://doi.org/10.5860/choice.46-3377>
- De la Ossa, J. (2022). Habilidades blandas y ciencia. *Revista colombiana de ciencia animal*, 14(1), e945. <https://doi.org/10.24188/recia.v14.n1.2022.945>
- Domènech-Casal, J., Lope, S. y Mora, L. (2019). Qué proyectos STEM diseña y qué dificultades expresa el profesorado de secundaria sobre Aprendizaje Basado en Proyectos. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 16(2), 1-16. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i2.2203
- Escribano-González, A. y del Valle-López, A. (2008). *El aprendizaje basado en problemas (ABP): una propuesta metodológica en educación superior*. Narcea Ediciones. Consultado el 30 de noviembre de 2024 de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=345238>
- Fernández-González, N. (2016). *Replantear la educación ¿Hacia un bien común mundial?* UNESCO: *Journal of Supranational Policies of Education*, (4), 93. <https://revistas.uam.es/jospoe/article/view/5678>
- Ferrada-Ferrada, C. A. (2021). *Diseño e implementación de actividades STEM a partir del trabajo en robótica, con metodologías activas en 3º ciclo de educación primaria* [tesis doctoral]. Granada, Universidad de Granada, España. Consultado el 30 de noviembre de 2024 de: <http://hdl.handle.net/10481/76036>
- Forero, I. (2009). La sociedad del conocimiento. *Revista Científica General José María Córdova*, 5(7), 40-44.
- García, J. M. y Castrillejo, D. (2011). Los Robots como excusa. El modelo CEIBAL. Nuevas tendencias para el aprendizaje. *Centro CEIBAL-ANEP*, 408. Consultado el 30 de noviembre de 2024 de: <https://acortar.link/tRNcgZ>
- Higuera-Sierra, D., Guzmán-Rojas, J. y Rojas-García, A. (2019). Implementando las metodologías STEAM y ABP en la enseñanza de la física mediante Arduino. *Memorias de Congresos UTP*, 133-137. Consultado el 30 de noviembre de 2024 de: <http://bit.ly/3JvASgl>
- Jonassen, D. (2008). Instructional design as design problem solving: An iterative process. *Educational technology: The magazine for managers of change in education*, 48(3), 21-26. Consultado el 30 de noviembre de 2024 de: <https://bit.ly/2XTjWbC>

- Kim, D. H., Gook-Ko, D., Jae-Han, M. y Ho-Hong, S. (2014). The effects of science lessons applying STEAM education program on the creativity and interest levels of elementary students. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 34(1), 43-54. <https://doi.org/10.14697/JKASE.2014.34.1.1.00043>
- Lazzari, M. (2014). Combinación de aprendizaje cooperativo e individual en una asignatura de química de materiales. *Formación universitaria*, 7(4), 39-46. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062014000400005>
- López-Banet, L., Perales, F. J. y Jiménez-Liso, M. R. (2021). STEAM views from a need: the case of the chewing gum and Ph sensopill. *Journal for the Study of Education and Development*, 44(4), 909-941. <https://doi.org/10.1080/02103702.2021.1927505>
- Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, F. G. 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. <https://doi.org/10.1002/sce.21522>
- Medeiros-de Sousa, M. A. (2022). Jogos, brincadeiras, gamificação e cultura maker no processo de educação e aprendizagem. *Brazilian Journal of Science*, 1(1), 23-32. <https://doi.org/10.14295/bjs.v1i1.6>
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic Books. Consultado el 30 de noviembre de 2024 de: <https://bit.ly/2OOkEHH>
- Pérez-Aguirre, R., González-Espada, W. y Sarasola-Bonetti, M. (2022). Implementación del aprendizaje basado en proyectos en centros de educación media uruguayo. *Pensamiento Educativo*, 59(2), 1-17. <https://doi.org/10.7764/PEL.59.2.2022.10>
- Piaget, J. (1978). *La equilibración de las estructuras cognitivas. Problema central de desarrollo*. Siglo XXI. Consultado el 30 de noviembre de 2024 de: <https://desarmandolacultura.files.wordpress.com/2018/04/piaget-jean-la-equilibracion-de-las-estructuras-cognitivas.pdf>
- Piñero-Virué, R., Rodríguez-González, C. A., Reyes-Rebollo, M. M. y Fernández-Batanero, J. M. (2023). La robótica como medio de aprendizaje. *Perfiles Educativos*, 45(182), 119-133. <https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2023.182.60274>
- Resnick, M. y Rosenbaum, E. (2013). *Designing for tinkability*. Design, make play, 163-181. Consultado el 30 de noviembre de 2024 de: <https://web.media.mit.edu/~mres/papers/designing-for-tinkerability.pdf>
- Rodríguez González, R. (2006). *Diseño de entornos para el desarrollo de la autonomía en el aprendizaje*. Aula abierta, (87), 89-103.
- Rodríguez, A., Ramírez, L. y Fernández, W. (2017). Metodologías activas para alcanzar el comprender. *Formación universitaria*, 10(1), 79-88. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062017000100009>
- Rodríguez-Gómez, G., Gil-Flores, J. y García-Jiménez, E. (1996). *Metodología de la investigación cualitativa*. Ediciones Aljibe. Consultado el 30 de noviembre de 2024 de: https://cesaraguilar.weebly.com/uploads/2/7/7/5/2775690/rodriguez_gil_01.pdf
- Romero, I. y Joya, O. (2024). Competencias del siglo xxi: desarrollo de habilidades blandas (comunicación, colaboración, pensamiento crítico, creatividad). *Revista Investigación y praxis en Ciencias Sociales*, 3(1), 60-79.
- Ruiz-Vicente, F. A. (2017). *Diseño de proyectos STEAM a partir del currículum actual de Educación Primaria utilizando Aprendizaje Basado en Problemas, Aprendizaje Cooperativo, Flipped Classroom y Robótica Educativa* [tesis doctoral]. Valencia, Universidad CEU Cardenal Herrera, España. Consultado el 30 de noviembre de 2024 de: <http://hdl.handle.net/10637/8739>
- Salido-López, P. (2020). Metodologías activas en la formación inicial de docentes: aprendizaje basado en proyectos (ABP) y educación artística. *Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, 24(2), 120-143. <https://doi.org/10.30827/profesorado.v24i2.13656>
- Sánchez-Ludeña, E. (2019). La educación STEAM y la cultura «maker». *Padres y maestros*, 1(379), 45-51. <https://doi.org/10.14422/pym.i379.y2019.008>
- Sánchez-Martín, M., Navarro-Mateu, F. y Sánchez-Meca, J. (2022). Las revisiones sistemáticas y la educación basada en evidencias. *Espiral: Cuadernos del profesorado*, 30(15). <https://doi.org/10.25115/ecp.v15i30.7860>
- Sánchez-Sánchez, T. (2019). La influencia de la motivación y la cooperación del alumnado de primaria con robótica educativa: un estudio de caso. *Panorama*, 13(25), 117-140. <https://doi.org/10.15765/pnrm.v13i25.1132>
- Simarro-Rodríguez, C. Y Couso-Lagarón, D. (2018). Visiones en educación STEAM: y las mates, ¿qué? *Uno: Revista de Didáctica de La Matemática*, 1(81), 49-56. Consultado el 30 de noviembre de 2024 de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6874927>

- Suárez-Zapata, A., García-Costa, D., Martínez-Delgado, P. y Martos-Torres, J. (2018). Contribución de la robótica educativa en la adquisición de conocimientos de matemáticas en la Educación Primaria. *Magister*, 30(1-2), 43-54. <https://doi.org/10.17811/msg.30.1.2018.43-54>
- Toffler, A. (1970). *Future Shock*. Bantam Books. Consultado el 30 de noviembre de 2024 de: <https://cdn.preterhuman.net/texts/literature/general/Alvin%20Toffler%20-%20Future%20Shock.pdf>
- Tunc, C. y Bagceci, B. (2021). Teachers' Views of the Implementation of STEM Approach in Secondary Schools and The Effects on Students. *Pedagogical Research*, 6(1), em0085. <https://doi.org/10.29333/pr/9295>
- Valero-Matas, J. A. (2020). La educación en la Technoaldea: ¿Privación de la creatividad? *Foro de Educación*, 18(2), 259-275. <http://dx.doi.org/10.14516/fde.737>
- Vossoughi, S. y Bevan, B. (2014). Making and tinkering: A review of the literature. *National Research Council Committee on Out of School Time STEM*, 1(67), 1-55. Consultado el 30 de noviembre de 2024 de: <https://bit.ly/42sgpBG>
- White, D. y Delaney, S. (2021). Full STEAM ahead, but who has the map?. A PRISMA systematic review on the incorporation of interdisciplinary learning into schools. *LUMAT: International Journal on Math, Science and Technology Education*, 9(2), 9-32. <https://doi.org/10.31129/LUMAT.9.2.1387>
- Zona-López, J. R. y Giraldo-Márquez, J. D. (2017). Resolución de problemas: escenario del pensamiento crítico en la didáctica de las ciencias. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 13(2), 122-150. <http://dx.doi.org/10.17151/rlee.2017.13.2.8>