

DISEÑO Y EVALUACIÓN DE PROPUESTA STEM - ABP

Gladys Osorio Railef, *Universidad de Granada*

José Miguel Vílchez-González, *Universidad de Granada*

José Luis Lupiáñez, *Universidad de Granada*

RESUMEN

Este trabajo tiene dos propósitos: el primero consiste en diseñar un proyecto con enfoque STEM bajo la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), y el segundo, evaluar la calidad de la propuesta utilizando una rúbrica que indique la adecuación del proyecto a los requisitos de la Educación STEM. En el diseño de las actividades se contemplan los elementos curriculares de las materias de 3º de ESO alineados con las disciplinas STEM, y una vez diseñado se analiza considerando los indicadores de la rúbrica RubeSTEM. Los resultados muestran que el modelo de la propuesta STEM-ABP no cumple en su totalidad con los estándares de la rúbrica, de lo que surgen las propuestas de mejora a considerar.

Nivel educativo: 3º curso de Educación Secundaria Obligatoria.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. EDUCACIÓN STEM

Desde que surgió el acrónimo STEM (compuesto por las siglas en inglés de las disciplinas Ciencia, Tecnología, ingeniería y Matemática) a finales del siglo XX, su presencia en propuestas educativas ha ido adquiriendo cada vez más protagonismo, en particular en el ámbito educativo. A diferencia de la educación tradicional, que se basa en disciplinas específicas, la Educación STEM proporciona escenarios para transformar los espacios en la educación escolar (Anderson y Li, 2020). Sin embargo, su implementación, así como su definición, ha sido un gran desafío tanto para investigadores como para los docentes que desean diseñar actividades bajo este enfoque. Bybee (2013) ya mencionaba que el hecho de no contar con una definición unificada de educación STEM conlleva a la existencia de enfoques múltiples, por lo que las escuelas que lo implementaban no conseguían los objetivos que se planteaban. Ante esta situación, diferentes autores han trabajado para lograr un consenso sobre lo que se entiende por educación STEM y su propósito (Martín-Páez et al., 2019). En este trabajo entenderemos por Educación STEM el "enfoque educativo que integra conocimientos y/o habilidades de las cuatro disciplinas implicadas en el acrónimo, orientado a la resolución de

problemas y contextualizado en situaciones con diferentes niveles de realidad y autenticidad” (Aguilera et al., 2022, p.13).

1.2. APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTO

Dentro de las metodologías que más se está consolidando en la educación es el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP). Uno de sus precursores (Kilpatrick, 1918) establece que la esencia principal del proyecto corresponde al propósito que el estudiante consigue en la actividad, lo que hace que sea el constructor de su propio aprendizaje mientras el docente guía y acompaña este proceso. Hernando (2015) plantea una secuencia de etapas para diseñar un ABP.

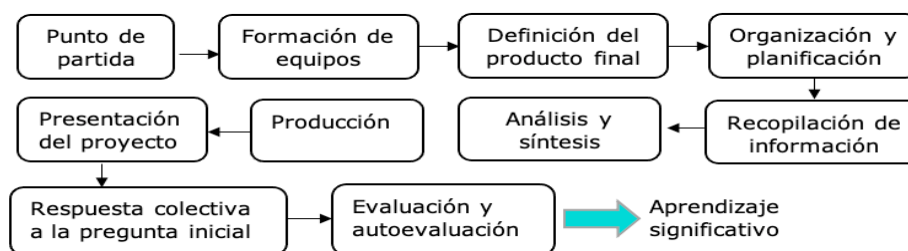


Figura 1. Secuencia didáctica para el ABP (Hernando, 2015)

Implementar un modelo de secuencia didáctica como el anterior se convierte en un reto para los docentes, que además necesitan una preparación adecuada para abordarlo. Existen estudios que muestran que no hay una correspondencia entre el propósito que se plantean los docentes cuando desean implementar actividades ABP y los proyectos que finalmente se construyen (Domènech-Casal et al., 2019). Algunos autores coinciden en que la implementación no es una tarea sencilla: dada la complejidad de esta metodología, los docentes muestran dificultades para diseñar actividades bajo este enfoque, mientras que los estudiantes no siempre participan de forma activa (Gutiérrez-Pérez y Pirrami, 2011; Sánchez, 2013; Al-Balushi y Al-Aamri, 2014; Ayerbe y Perales, 2020). La implementación del aprendizaje basado en proyectos sigue siendo un desafío, situación que abordamos en este trabajo mediante el diseño de un proyecto STEM y su validación mediante un instrumento que nos indique la adecuación del mismo al enfoque STEM.

1.3. LA EDUCACIÓN STEM EN EL CURRÍCULO ESPAÑOL

La presencia de la Educación STEM en los documentos curriculares españoles ya es un hecho. El Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la educación secundaria obligatoria, incorpora la competencia STEM como una de las ocho competencias clave del currículo español. Este documento la define como aquella que implica “la comprensión del mundo utilizando los métodos científicos, el pensamiento y representación matemáticos, la tecnología y los métodos de la ingeniería para transformar el entorno de forma comprometida, responsable y sostenible” (p. 41598).

Dado que la implementación de estos cambios curriculares en la Educación Secundaria Obligatoria comenzó a partir del año académico 2022/2023, se hace

indispensable contar con nuevas propuestas de proyectos que promuevan el desarrollo de la competencia STEM. Considerando los aspectos anteriores, nos planteamos los siguientes objetivos:

- Diseñar un proyecto con enfoque STEM bajo la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP).
- Evaluar la calidad de la propuesta utilizando una rúbrica que indique si el proyecto se ajusta a los requisitos del enfoque STEM.

2. DISEÑO DE LA PROPUESTA

2.1. ELEMENTOS CURRICULARES DEL PROYECTO

Nuestra propuesta utiliza como base las etapas propuestas por Hernando (2015), y como disciplinas se incorporan las materias de Matemática, Física y Química, y Tecnología y Digitalización. Todas se imparten en el tercer curso de Educación Secundaria Obligatoria, y quedan detalladas en el Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la educación secundaria obligatoria. Las tablas 1 y 2 muestran los descriptores operativos de la competencia STEM de las materias que se trabajan en el proyecto y sus elementos curriculares.

Tabla 1. Descriptores operativos de la competencia STEM presentes en cada materia

<i>Materia</i>	<i>Descriptor operativo</i>
Matemáticas	Interpreta y transmite los elementos más relevantes de procesos, razonamientos, demostraciones, métodos y resultados científicos, matemáticos y tecnológicos de forma clara y precisa y en diferentes formatos (gráficos, tablas, diagramas, fórmulas, esquemas, símbolos...), aprovechando de forma crítica la cultura digital e incluyendo el lenguaje matemático-formal con ética y responsabilidad, para compartir y construir nuevos conocimientos.
Física y Química	
Tecnología y Digitalización	

Tabla 2. Elementos curriculares desarrollados por cada materia.

Matemática		
<i>Bloque: Resolución de problemas</i>		
<i>Saberes mínimos</i>	<i>Competencias específicas</i>	<i>Criterios de evaluación</i>
Realización de estimaciones con la precisión requerida.	Interpretar, modelizar y resolver problemas de la vida cotidiana y propios de las matemáticas, aplicando	Obtener las soluciones matemáticas en problemas de diversa complejidad, activando

	diferentes estrategias y formas de razonamiento, para explorar distintas maneras de proceder y obtener posibles soluciones.	los conocimientos, usando las herramientas tecnológicas interpretando los resultados.
Física y Química <i>Bloque: La interacción</i>		
<i>Saberes mínimos</i>	<i>Competencias específicas</i>	<i>Criterios de evaluación</i>
Predicción de movimientos a partir de los conceptos de la cinemática posición, velocidad y aceleración, para formular hipótesis sobre valores futuros de estas magnitudes, y validación de hipótesis a través del cálculo numérico, la interpretación de gráficas o el trabajo experimental.	Manejar con soltura las reglas y normas básicas de la física en lo referente al lenguaje matemático, al empleo de unidades de medida correctas y a la interpretación y producción de datos e información en diferentes formatos (textos, enunciados, tablas, gráficas, fórmulas, esquemas, modelos, símbolos), para reconocer el carácter universal y transversal del lenguaje científico.	Emplear datos en diferentes formatos para interpretar y comunicar información relativa a un proceso físico concreto, relacionando entre sí lo que cada uno de ellos contiene, y extrayendo en cada caso lo más relevante para la resolución de un problema.
Tecnología y Digitalización <i>Bloque: Pensamiento computacional, programación y robótica</i>		
<i>Saberes mínimos</i>	<i>Competencia específica</i>	<i>Criterios de evaluación</i>
Fundamentos de la robótica: montaje y control programado de robots simples de manera física o por medio de simuladores.	Desarrollar algoritmos y aplicaciones informáticas, aplicando los principios del pensamiento computacional e incorporando las tecnologías emergentes, para crear soluciones a problemas concretos.	Programar aplicaciones sencillas para distintos dispositivos como por ejemplo dispositivos y móviles, empleando los elementos de programación de manera apropiada y aplicando herramientas de edición.

2.2. DISEÑO DEL PROYECTO

El inicio del proyecto contempla la presentación de la siguiente situación:

Tú y tu grupo habéis sido seleccionados para una gran misión: manejar un vehículo robotizado que estudie la superficie de Marte. El propósito es que el robot realice un recorrido rectilíneo de 1,5 km, tomando, a su vez, fotografías cada 150 m.

¿Qué estrategia utilizarán para completar la misión? Para que simuléis la situación, os presentamos a mBot, un robot que pueden manejar mediante los comandos que ofrece una aplicación del teléfono móvil.



Figura 2. Presentación del problema.

Para esto, la actividad 1 está diseñada para presentar la problemática de la situación y para identificar las ideas y conocimientos previos del estudiantado. La secuencia de las tareas se muestra en la Figura 3.

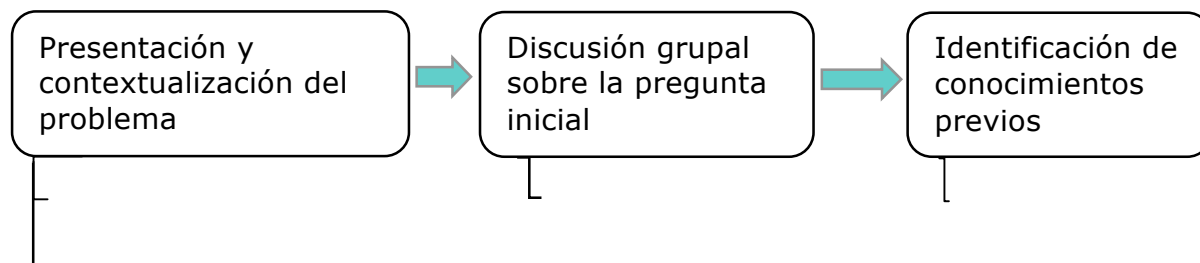


Figura 3. Secuencia de actividades del punto inicial del proyecto

Después de analizar el problema, es importante que los estudiantes se organicen en equipos para planificar su estrategia de resolución del problema. Las tareas de la actividad 2 se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Síntesis de la secuencia didáctica de la actividad 2.

<i>Etapa</i>	<i>Tareas que realizan los estudiantes</i>
Formación de equipos	Distribución de los integrantes de manera mixta.
Definición del producto final	Los estudiantes establecen el objetivo que desean conseguir.
Organización y planificación	Dentro del equipo se definen roles, definiendo tareas, responsabilidades y tiempos.

La actividad 3 está orientada a que los estudiantes estudien indaguen y estudien con mayor profundidad la situación de manera que puedan esbozar sus posibles estrategias para resolver el problema y elaboren el producto final, que será la manera en cómo lograron completar la misión. Se facilitan hojas de registro para que los estudiantes vayan registrando sus procesos. La secuencia de tareas se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Síntesis de la secuencia didáctica de la actividad 3.

<i>Etapa</i>	<i>Tareas que realizan los estudiantes</i>
Recopilación de información	Se facilita a los estudiantes recursos como: imágenes de la superficie de Marte, cinta de medir, cronómetros, hojas cuadriculadas, pliegos de papel, carpeta con datos específicos (por ejemplo, la velocidad que alcanza un robot en Marte. Se propone a los estudiantes que simulen que el mBoot recorre los 1,5 km. Para ello, tendrán que hacer una conversión de escala de medidas y justificar por qué la eligieron. Para la toma de imágenes que se pide en la misión, se les pide a los estudiantes que registren el instante en que el mBoot debe capturar las fotografías. Para analizar el movimiento del robot, los estudiantes grafican la posición del robot respecto al tiempo transcurrido y analizan las gráficas

	obtenidas.
Análisis y síntesis	El equipo analiza la información y toma decisiones respecto a cuáles serían sus estrategias para aplicar en el problema.
Producción	Se desarrolla el producto final con conocimientos y habilidades adquiridas durante el proceso.
Presentación del proyecto	Se presenta el producto final al resto de los equipos y al docente.
Respuesta colectiva a la pregunta inicial	Se reflexiona sobre la situación y se plantea una estrategia en la cual participen todos los equipos.
Evaluación y autoevaluación	Los estudiantes realizan coevaluación y autoevaluación.

3. ANÁLISIS DE LA PROPUESTA

Para evaluar si el proyecto cumple con los estándares de calidad respecto a STEM hemos utilizado los 19 indicadores de la rúbrica RubeSTEM (Aguilera et al., 2022) como categoría de análisis. El instrumento presenta 4 niveles de logro valorados de 0 a 3 (0 en vías de adquisición, 1 básico, 2 avanzado y 3 sofisticado). Para evaluar la propuesta, aplicamos un análisis del contenido e identificamos el nivel de logro de los indicadores según las etapas y actividades del proyecto. Los resultados se muestran en la Figura 4.

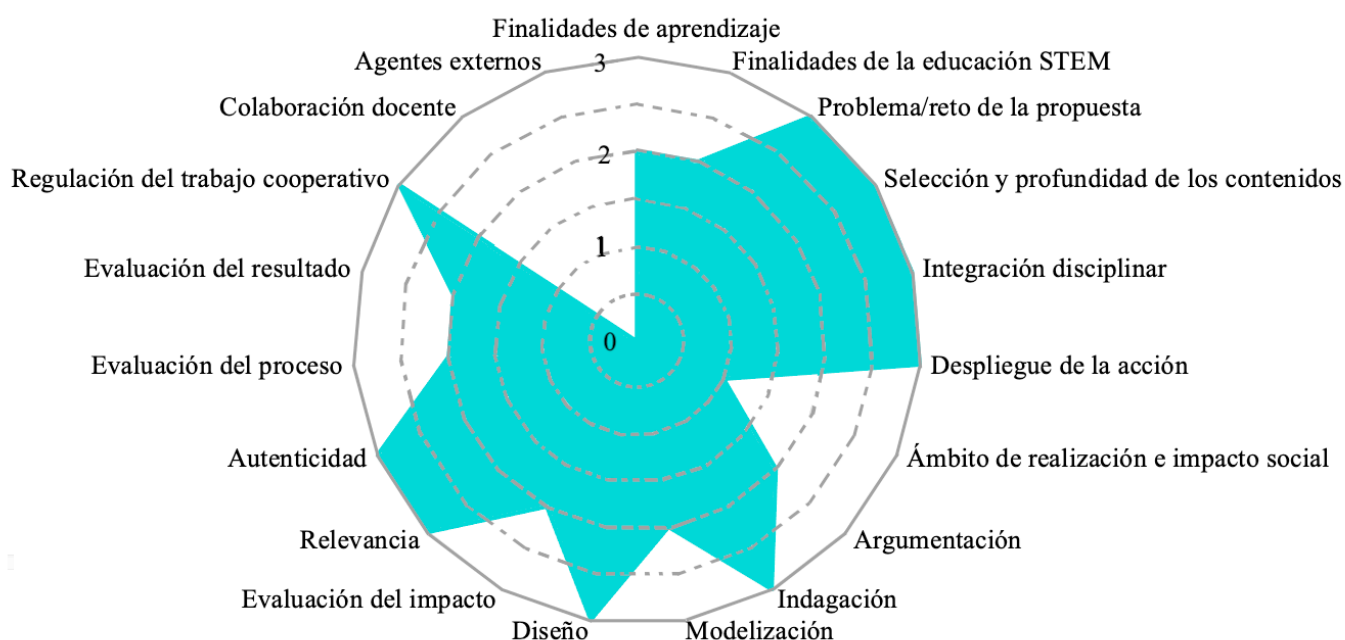


Figura 4. Resultados de la evaluación de la propuesta mediante RubeSTEM

La rúbrica RubeSTEM posee un sistema de valoración que agrupa sus indicadores en dos niveles: teórico y práctico, como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5. Sistema de valoración de RubeSTEM (Aguilera et al., 2022, p.21)

Dimensiones	Valores	Descriptorios	Nivel
Para qué	0-4 5-9	Propuesta pseudo-STEM Propuesta STEM	Teórico
Qué Cómo	0-15 16-31 32-47 48	En vías de desarrollo Básica Avanzada Sofisticada	Práctico

Considerando este sistema de valoración, nuestra propuesta alcanza un nivel teórico de 7 puntos y nivel práctico de 35, que corresponde a una propuesta STEM avanzada. A continuación, se muestra el análisis detallado del nivel de logro de los indicadores de RubeSTEM aplicado a la propuesta de proyecto, agrupándolos en las siguientes dimensiones: a) finalidades, b) contenidos, c) acción, d) prácticas STEM, e) contextos, f) evaluación, y g) cooperación.

3.1. RESPECTO A LAS FINALIDADES

En términos generales, el proyecto persigue que el estudiantado desarrolle su alfabetización STEM promoviendo mediante sus actividades el análisis y la aplicación de los conocimientos y habilidades de las cuatro disciplinas STEM. Se fomenta la creatividad dando espacio para que los estudiantes establezcan estrategias para resolver el problema según su conveniencia. Sin embargo, es necesario un mayor trabajo en la internalización de estos conocimientos y habilidades por parte de los estudiantes para que sean capaces de aplicarlos ante cualquier problema contextualizado en la realidad, teniendo una mirada crítica de la situación, considerando los aspectos éticos y morales al establecer soluciones. El desarrollo de la alfabetización STEM conlleva que los estudiantes desarrollen habilidades y capacidades a nivel personal, contribuyendo a la formación de una ciudadanía más comprometida y reflexiva con el entorno (Bybee, 2010).

3.2. RESPECTO A LOS CONTENIDOS

El proyecto promueve en todo momento la aplicación de los conocimientos de las cuatro disciplinas STEM con la finalidad de resolver el problema proponiendo soluciones. La profundidad de estos obedece a los saberes mínimos, las competencias específicas y los criterios de evaluación que indica el Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la educación secundaria obligatoria, específicamente para el nivel de tercer curso. La propuesta se centra en la resolución del problema y no en las disciplinas STEM de forma aislada. La secuencia de actividades está diseñada para que los estudiantes apliquen los conocimientos y habilidades de los cuatro dominios STEM, fomentando la integración disciplinar. A pesar de que es complejo que todas las disciplinas se trabajen en el mismo nivel, es importante que ninguna de ellas quede en menor relevancia durante el desarrollo del proyecto.

3.3. RESPECTO A LA ACCIÓN

Las actividades que se proponen durante el proyecto están conectadas entre sí de tal manera que los estudiantes sean conscientes de que cada tarea posee un orden y que la realización de una es requisito para pasar a la siguiente etapa del

proyecto. De esta manera, no se rompe la secuencia didáctica de las actividades. Se dan los espacios para que los estudiantes justifiquen cada una de las decisiones y acciones que plantean, haciendo mejoras si así lo estiman pertinente. Sin embargo, una debilidad que presenta el proyecto se da en el impacto social.

3.4. RESPECTO A LAS PRÁCTICAS STEM

Aunque las actividades están diseñadas con espacio para promover la argumentación, falta potenciar aún más el desarrollo del pensamiento crítico de los estudiantes. Existe una predominación de la indagación durante el desarrollo del proyecto, ofreciendo situaciones de ensayo y error. Así, los estudiantes van descubriendo a partir de la experimentación. El uso de robots y aplicaciones móviles durante las actividades hace que los estudiantes aprovechen las ventajas de los recursos digitales para resolver problemas, lo que favorece el pensamiento computacional. Con respecto a la modelización, si bien se construyen modelos matemáticos para resolver el problema real planteado en el proyecto, falta un trabajo más profundo para crear una adherencia en el estudiantado, con la finalidad de que a futuro sean capaces de construir modelos para predecir situaciones u otros problemas reales. Maass et al. (2019) menciona que el proceso cíclico de la modelización matemática resuelve problemas con naturaleza interdisciplinaria en la que sus etapas promueven la creación de un pensamiento crítico, interpretando sus resultados tanto en el mundo matemático como en el mundo real. Esto significa que la modelización matemática lleva a un entendimiento de los fenómenos y problemas reales, lo cual va en la línea de lo que promueve la Educación STEM. Con respecto al diseño, las actividades están orientadas a que el estudiantado comprenda el problema desde un inicio y participe activamente en la generación de estrategias para resolverlo. Sin embargo, falta un mayor trabajo para hacer consciente a los estudiantes sobre el impacto de sus soluciones en el ámbito social y económico.

3.5. RESPECTO A LOS CONTEXTOS

El proyecto se presenta con un contexto atractivo simulando las misiones que se realizan en la vida real en Marte. Al utilizar el mBot como recurso y permitir a los estudiantes que aprendan a manipularlo, se fomenta el interés por temáticas relacionadas con las áreas STEM en tareas que demandan mayor complejidad.

3.6. RESPECTO A LA EVALUACIÓN

Si bien el estudiante cuenta con hojas de registro e instancias para la autoevaluación de su trabajo y desempeño, es necesario aumentar la diversidad de recursos que permitan evaluar el proceso de aprendizaje. Aunque el proyecto fue diseñado considerando los requerimientos curriculares de 3º. de ESO para Matemáticas, Física y Química, y Tecnología y Digitalización, es importante que en cada tarea se detallen los conocimientos, actitudes y habilidades trabajados.

3.7. RESPECTO A LA COOPERACIÓN

Con respecto al trabajo cooperativo, el proyecto propone la determinación de roles para que cada integrante del equipo asuma compromisos y responsabilidades en la ejecución de las actividades. Sin embargo, el proyecto

carece de colaboraciones entre docentes y vinculación con expertos que podrían ser de gran aporte dentro del desarrollo de las actividades.

4. CONCLUSIONES

A continuación se presentan las conclusiones de este trabajo, estructuradas en dos secciones: cumplimiento de los objetivos y consideraciones de mejora.

4.1. CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS

Al principio de este trabajo se presentaron dos objetivos: el primero orientado al diseño de una propuesta didáctica bajo la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos, y el segundo dirigido a evaluar la calidad de esta propuesta mediante la rúbrica RubSTEM. Con respecto al primer objetivo, hemos propuesto una serie de actividades considerando una secuencia de actividades bajo un modelo de ABP (Hernando, 2015). Con respecto al segundo objetivo, aunque la propuesta ABP-STEM es avanzada según los resultados de RubeSTEM, consideramos que este modelo es mejorable para así ser un proyecto de alta calidad en STEM. Eso se visualiza en el nivel de logro de los indicadores que se muestran en la figura 4. Dada la fiabilidad del instrumento utilizado, el paso siguiente sería trabajar en una propuesta de ABP que se adapte a cada una de las dimensiones que abarca la rúbrica RubeSTEM para así garantizar que se promueve el desarrollo de la Educación STEM y la competencia STEM.

4.2. CONSIDERACIONES DE MEJORA

Con respecto al análisis de la propuesta que sigue la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), es importante trabajar en las siguientes mejoras:

- Se necesita adaptar y redefinir las etapas de la propuesta del proyecto siguiendo la metodología ABP para que cumpla con el nivel de logro de los indicadores de la rúbrica RubeSTEM atendiendo a cada una de sus dimensiones.
- Se necesita aumentar el número de actividades para desarrollar con mayor profundidad la competencia STEM.
- Se podrían aplicar algunas etapas de la investigación basada en el diseño (IBD) para el diseño de la secuencia didáctica, tales como la implementación de las actividades, su pilotaje y acciones de mejora de la propuesta.

Considerando los aspectos anteriores, el docente tendrá a su disposición una propuesta didáctica con metodología ABP más consolidada, que promueva el aprendizaje autónomo de los estudiantes y que además se enfoque en el desarrollo de la competencia STEM durante todo el proceso de aprendizaje: una realidad que demanda el currículum español y que para el profesorado sigue siendo un desafío ponerlo en práctica.

REFERENCIAS

AGUILERA, D., GARCÍA-YEGUAS, A., PERALES-PALACIOS, F. J. Y VÍLCHEZ-GONZÁLEZ, J. M. (2022). Design and validation of a rubric for the evaluation of STEM teaching proposals (RubeSTEM). *Revista Interuniversitaria de Formación*

del Profesorado, 97(36.1). <https://doi.org/10.47553/rifop.v97i36.1.92409>

AL-BALUSHI, S. M. Y AL-AAMRI, S. S. (2014). The effect of environmental science projects on students environmental knowledge and science attitudes. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 23(3). <https://doi.org/10.1080/10382046.2014.927167>

ANDERSON, J. Y LI, Y. (2020). Integrated Approaches to STEM Education. En *Springer*.

AYERBE LOPEZ, J. Y PERALES PALACIOS, F. J. (2020). «Reinventar tu ciudad»: aprendizaje basado en proyectos para la mejora de la conciencia ambiental en estudiantes de Secundaria. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 38(2). <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2812>

BYBEE, R. W. (2010). Advancing STEM Education: A 2020 Vision. *Technology & Engineering Teacher*, 70(1).

BYBEE, R. W. (2013). The Case for Education: STEM Challenges and Opportunities. *NSTA (National Science Teachers Association)*.

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). https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i2.2203

GUTIÉRREZ-PÉREZ, J. Y PIRRAMI, F. (2011). Water as Focus of Problem-Based Learning: An Integrated Curricular Program for Environmental Education in Secondary School *. *US-China Education Review A*, 2.

HERNANDO, A. (2015). *Viaje a la escuela del siglo XXI. Así trabajan los colegios más innovadores del mundo*. Fundación Telefónica.

KILPATRICK, W. H. (1918). The project method: the use of the purposeful act in the educative process. *Teachers College Record*, 16(4).

MAASS, K., GEIGER, V., ROMERO ARIZA, M. Y GOOS, M. (2019). The Role of Mathematics in interdisciplinary STEM education. *ZDM: The International Journal on Mathematics Education*, 51, 869-884. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11858-019-01100-5>

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. En *Science Education* (Vol. 103, Número 4). <https://doi.org/10.1002/sce.21522>

REAL DECRETO 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria. https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2022-4975

SÁNCHEZ, J. (2013). Qué dicen los estudios sobre el Aprendizaje Basado en Proyectos. *Actualidad pedagógica*.