

TRABAJO FIN DE MÁSTER

CURSO 2024/2025

Análisis de la metodología ABP aplicada en el aula
para integrar conceptos de sostenibilidad y conciencia
ambiental

Alumna: **Ana Isabel Moratalla Saiz**

Tutor: **Dr. Pablo Haro Domínguez**

Modalidad: Revisión Sistemática

Especialidad: Física y Química

Máster Universitario en Formación del Profesorado de Educación
Secundaria Obligatoria, Bachillerato, Formación Profesional, Enseñanza de
Idiomas y Enseñanzas Deportivas

UNIVERSIDAD EUROPEA DE MADRID

Resumen

Debido a que el desarrollo sostenible es un aspecto que cada vez cobra más protagonismo en la educación científica, generando un problema social global, este estudio tiene como objetivo analizar la producción científica sobre la implementación de metodología ABP contextualizada en problemáticas medioambientales, tanto en secundaria como bachillerato, para evaluar si este tipo de aprendizaje mejora la alfabetización científica y medioambiental de los estudiantes y, por lo tanto, se traduce en un cambio en sus actitudes y acciones de forma que estas sean más beneficiosas para el medio ambiente.

Esta investigación se ha llevado a cabo a través de una revisión sistemática siguiendo la metodología PRISMA, donde se ha concluido que la puesta en práctica de estas actividades mejora sustancialmente la alfabetización científica y medioambiental del alumnado, fomentando el desarrollo y adquisición de habilidades y competencias clave como la autonomía, el pensamiento crítico, el pensamiento sistémico y la resolución de problemas más complejos, pero sin confirmar un cambio de conducta a corto plazo.

Palabras clave: Física, Química, ABP, Sostenibilidad, Medio Ambiente.

Abstract

Given that sustainable development is an increasingly important aspect in science education, generating a global social problem, this study aims to analyse the scientific production on the implementation of PBL methodology contextualised in environmental issues, both in secondary and high school, to assess whether this type of learning improves the scientific and environmental literacy of students and, therefore, translates into a change in their attitudes and actions so that these are more beneficial to the environment.

This research has been carried out through a systematic review following the PRISMA methodology, where it has been concluded that the implementation of these activities substantially improves students' scientific and environmental literacy, fostering the development and acquisition of key skills and competences such as autonomy, critical thinking, systems thinking and more complex problem solving, but without confirming a change in behaviour in the short time.

Key words: Physics, Chemistry, PBL, Sustainability, Environment.

ÍNDICE

1. Introducción	1
1.1. Justificación del tema.....	1
1.2. Definición del problema de investigación.....	2
2. Marco teórico	4
3. Metodología.....	14
3.1. Objetivos	14
3.2. Metodología de investigación y procedimiento	14
3.2.1 Palabras clave	15
3.2.2 Bases de datos	15
3.2.3 Frase de búsqueda.....	15
3.3. Criterios de inclusión y exclusión.....	16
3.4. Diagrama de flujo	17
4. Resultados	19
5. Discusión.....	27
6. Conclusiones	39
7. Referencias bibliográficas.....	41
7.1. Referencias Bibliográficas de capítulo de RESULTADOS.....	41
7.2. Referencias Bibliográficas de los capítulos INTRODUCCIÓN, MARCO TEÓRICO, METODOLOGÍA Y DISCUSIÓN	43

1. INTRODUCCIÓN

Este Trabajo Final del Máster Universitario en Formación del Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato, Formación Profesional, Enseñanza de Idiomas y Enseñanzas Deportivas en la especialidad de Física y Química se centra en realizar una revisión sistemática siguiendo el modelo PRISMA sobre la metodología ABP, integrando como contexto principal la sostenibilidad y la conciencia ambiental en las clases de Física y Química y, en concreto, en toda la etapa educativa, Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y Bachillerato.

1.1. Justificación del tema

Con el paso del tiempo, han estado apareciendo algunas problemáticas ambientales de preocupación global, nacional y regional como son la contaminación, el cambio climático, la deforestación y la pérdida de la biodiversidad. Debido a ello, la educación ambiental toma una gran importancia en la concienciación de los estudiantes para que, ya desde unas edades tempranas, sean conscientes de estas problemáticas actuales y futuras (Aranda-Vejarano et al., 2023).

De esta forma, es importante integrar dentro de las clases de Física y Química conceptos y competencias que se encuentren ligadas a la sostenibilidad y la conciencia ambiental ya que, no solo enriquece el currículo, sino que al mismo tiempo consigue preparar a los alumnos para afrontar desafíos medioambientales actuales. Lo ideal es que esta educación ambiental se trabaje a través de habilidades y competencias prácticas con prácticas de laboratorio, experimentos, proyectos o debates, y no desde una forma aislada, para que sean capaces de conectar los contenidos vistos durante las clases de Física y Química con la solución o mejora de problemáticas ambientales (Campoverde & Soplalpoco, 2022).

Por ello, a nivel mundial se están llevando a cabo diferentes proyectos e iniciativas con el fin de concienciar y promover sobre el desarrollo sostenible (Campoverde & Soplalpoco, 2022).

En 2015, la Cumbre de las Naciones Unidas aprueba el documento “Transformar nuestro mundo: La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible”, donde establece 17 objetivos interrelacionados para enfrentar diferentes desafíos sociales, económicos y ambientales (Sáenz-Rico et al., 2023).

Estos Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) buscan abordar los desafíos más urgentes que enfrenta el mundo, como la pobreza, la desigualdad, el cambio climático, la paz y la justicia. Estos ODS son independientes unos de otros y se diseñaron con el fin de equilibrar la sostenibilidad social, económica y ambiental (Naciones Unidas, n.d.).

Para lograr estos objetivos, es necesario que la ciudadanía cambie profundamente sus acciones y comportamientos, y que las sociedades y economías funcionen de una manera diferente (Sanz-Rico et al., 2023).

Como se está evidenciando, la sostenibilidad y la conciencia ambiental son temas de creciente importancia en la educación actual, ya que la crisis ambiental necesita una respuesta, donde la herramienta clave consiste en la educación para formar a los estudiantes no solo en conocimientos científicos, sino en valores y actitudes que promuevan un comportamiento responsable (Aranda-Vejaranol et al., 2023).

Con este fin, la asignatura de Física y Química tiene un gran potencial para contribuir a la educación en sostenibilidad, ya que a través de esta asignatura los estudiantes pueden abordar temas como la energía, los recursos naturales, la contaminación y el cambio climático desde una perspectiva científica (Decreto 107/2022, 2022). Esto no solo les proporciona una base sólida de conocimientos, sino que les permite conectar la ciencia con problemáticas actuales y desarrollar habilidades críticas y analíticas que son imprescindibles para abordar problemáticas complejas (Loor et al., 2024).

1.2. Definición del problema de investigación

Con el contexto anterior, se evidencia la necesidad de la creación y uso de materiales para enseñar ciencias en secundaria y bachillerato que aborden temas de sostenibilidad y conciencia ambiental. Además, es importante explorar cómo los contenidos de Física y Química pueden contribuir a la solución y comprensión de problemas socioambientales. Para ello, deben mejorar el aprendizaje y las actitudes de los estudiantes hacia la ciencia y la química, así como contribuir a la revolución científica que trae la Ciencia de la Sostenibilidad como un nuevo campo de conocimiento (Mascarell & Vilches, 2016).

Sin embargo, a pesar de la importancia de la educación en sostenibilidad, existen diversas barreras que dificultan su integración en el currículo de Física y Química. Entre estas barreras está la falta de formación específica para los docentes, la escasez de recursos educativos y la poca flexibilidad de los programas de estudio (Aranda-Vejarano et al., 2023).

A esto se le suma que la metodología tradicional de enseñanza de esta asignatura a menudo consiste en que los alumnos memoricen conceptos y fórmulas, sin llegar a comprender totalmente los contenidos y sin espacio para la reflexión crítica y la aplicación práctica de los conocimientos. Esto limita la capacidad de los estudiantes para comprender y abordar los problemas ambientales.

No obstante, existen estudios que han analizado y evidenciado que las metodologías participativas pedagógicas aumentan notablemente el conocimiento sobre el medio ambiente, mejoran las actitudes favorables hacia el cuidado del entorno y promueven comportamientos sostenibles entre los estudiantes. Estos resultados también destacan la importancia de un enfoque educativo que trabaje de forma simultánea la teoría y la práctica con una reflexión emocional y ética final (Loor et al., 2024).

Además, la comparación de estos resultados entre los grupos de control y experimental demuestran claramente la efectividad de metodologías activas, mostrando una mejora significativa en el grupo experimental. Estas mejoras se vieron también reflejadas en resultados tanto académicos como de comportamiento, asumiendo una mayor implicación y sintiéndose más motivados (Loor et al., 2024).

Por lo tanto, el problema de investigación que pretende abordar este trabajo final de máster se centra en la necesidad de analizar la metodología activa ABP, contextualizada en aspectos relacionados con la sostenibilidad y la conciencia ambiental, en las clases de Física y Química. Con ello se pretende identificar las estrategias más efectivas, así como los desafíos que presentan con el fin de determinar recomendaciones prácticas y basadas en la evidencia científica para mejorar la educación ambiental dentro de las aulas.

2. MARCO TEÓRICO

La preocupación por el medio ambiente y la sostenibilidad tiene su origen en el contexto de la Revolución Industrial (finales del siglo XVIII hasta el siglo XIX), ya que el impacto de la actividad del ser humano sobre la naturaleza comenzó a ser más intensivo (Calvo, 2024).

El aumento de la industrialización, el consumo de recursos, junto a un aumento significativo de la población, provocó un efecto perjudicial en el medio ambiente. Esto fue causa de una gran explotación de recursos naturales y la expansión de fábricas, que junto con la mejora económica durante esta etapa propició niveles de vida más elevados dando paso a ciudades en crecimiento a través de la deforestación (Andrés, 2006; Ricardo, 2020).

Aquí surgen los primeros naturalistas y biólogos evolucionistas de esta etapa histórica, Carlos Linneo, Jean-Baptiste Lamarck, Charles Darwin y Alfred Russel Wallace, que fueron los que realizaron las primeras investigaciones sobre la preocupación y consecuencias del medio ambiente (Ayelén, 2017).

Acto seguido, a partir del siglo XIX comienza el Movimiento Conservacionista Americano como una respuesta a la intensiva explotación de los recursos, y dando lugar a la aparición del preservacionismo como un concepto de la sociedad de EE. UU. y Europa para poder proteger de las acciones del ser humano a ciertos paisajes monumentales (Ayelén, 2017).

Durante este intervalo de tiempo, comienza también un nuevo movimiento dentro de la educación denominado como Escuela Nueva, rompiendo con la idea que se tenía actualmente del proceso de enseñanza tradicional. Este movimiento propone que el aprendizaje debe partir del interés y la necesidad de los estudiantes, y que este proceso debe realizarse a través de la experiencia y la investigación, como una respuesta crítica a la educación centrada principalmente en el autoritarismo y la memorización de conceptos. Con ello, este nuevo principio de educación se centra en desarrollar a nivel individual el potencial del estudiante a partir de sus inquietudes y el fomento del pensamiento creativo, donde el docente tiene una relación más estrecha con los alumnos y les sirve de guía, poniendo el foco del aprendizaje principalmente en los estudiantes (Análisis de la institución escolar, 2024).

Por lo tanto, en este movimiento pedagógico de la Escuela Nueva, los profesores son unos simples facilitadores para crear las condiciones necesarias para generar

experiencias significativas, y son los alumnos los que deben ser los participantes activos de su proceso de aprendizaje. Por ello, enfatiza que las experiencias educativas deben ser interactivas y conseguir que, a través de la escuela, los alumnos puedan transmitir las habilidades desarrolladas a las nuevas generaciones de manera que sean relevantes y útiles (Certad, 2015).

Uno de los principales impulsores, y por muchos considerado como el más importante de la Escuela Nueva, fue John Dewey, el cual es reconocido como una de las figuras clave del pragmatismo y protesta a la educación tradicional. Es recordado como un docente proactivo, y el primero en plantear como concepto que la educación debía de unificar la parte más teórica, a través del pensamiento y la teoría, con actividades más prácticas y dinámicas (Barrera, 2023).

Partiendo de las ideas de Peirce, Dewey empezó a definir un concepto denominado instrumentalismo, poniendo en valor que el proceso de conocimiento y pensamiento tienen una función práctica para ayudar al estudiante a resolver problemas reales de la vida cotidiana (Barrera, 2023), y plateando como su premisa fundamental que la educación debía, por lo tanto, de venir dada por las preocupaciones y curiosidades de los estudiantes, con el fin de desarrollar y potenciar sus capacidades, enfrentando al estudiante a un profundo proceso de reflexión basado en la experiencia (Calvache, 2003).

Dewey enfatizaba la importancia de la experiencia educativa donde los alumnos pudieran interactuar activamente con el entorno para que la educación fuera una reconstrucción continua de la experiencia. Debía de incitar curiosidad, fortalecer la iniciativa y preparar a los estudiantes para enfrentar problemas actuales y futuros (Certad, 2015).

Este nuevo movimiento pedagógico se encuentra estrechamente relacionado con los enfoques actualmente denominados metodologías activas, y que colocan al estudiante en el centro del proceso de enseñanza-aprendizaje, fomentando la participación y el aprendizaje experiencial (Carbonell-Alcocer et al., 2023).

Un ejemplo representativo de este tipo de metodologías es el Aprendizaje Basado en Proyectos y Problemas (ABP), el cual tiene sus orígenes en Dewey, centrando el proceso de enseñanza en la experiencia de los alumnos a través de sus inquietudes para resolver problemas reales (Análisis de la institución escolar, 2024).

El aprendizaje basado en proyectos y el aprendizaje basado en problemas se encuentran estrechamente relacionados. Ambos centran el proceso de aprendizaje

en el estudiante a través de un contexto o problemática real para afianzar contenidos y el desarrollo de determinadas habilidades como el pensamiento crítico, el trabajo colaborativo y una mayor autonomía, pero a nivel concreto no son el mismo tipo de metodología.

Figura 1

Esquema del proceso cognitivo en la metodología ABP.



Fuente: Pazos-Yorvi y Aguilar-Gordón (2024)

La metodología de aprendizaje basada en proyectos se centra principalmente en que los estudiantes encuentren soluciones a problemas complejos que se les plantean durante las actividades aplicando diferentes tipos de conocimiento previamente vistos para encontrar la solución (Domínguez et al., 2008).

En cuanto al aprendizaje basado en problemas, suele enfocarse a que los estudiantes, a través de trabajo grupal, analicen y resuelvan un problema propuesto por el docente para alcanzar ciertas competencias concretas (Domínguez et al., 2008).

Figura 2.

Fases de la metodología ABP.



Fuente: UNICEF Argentina (2020).

A diferencia de la enseñanza tradicional, los pasos del proceso del ABP se resumen en los siguientes (Quintanal, 2023):

- Diseño del problema. El docente debe dedicar un gran tiempo a la elaboración de la situación de aprendizaje, asegurándose que el problema que se pretende abordar es suficientemente relevante para conectar con los alumnos, y que esté bien diseñado, planificado y dimensionado en tiempo, siguiendo una correcta secuencia de tareas a realizar que sirvan de guía.
- Presentación del problema. Se les plantea a los alumnos el problema dentro de un contexto en el que puedan vincularse y despertar su interés.
- Identificación de los objetivos de aprendizaje, seleccionando sobre qué partes del problema se debe profundizar e investigar.
- Aprendizaje a través de la búsqueda de información para recopilar resultados que les permitan establecer hipótesis y conclusiones.
- Resolución del problema y presentación del producto final. En este punto se trata de recopilar toda la información generada de los pasos anteriores para extraer las evidencias y conclusiones necesarias para dar respuesta a la pregunta o problema que se presentó al inicio. Toda esta información se recopila en un producto final que puede ser desde una hoja o cuaderno de trabajo hasta una presentación.

Entre los beneficios que trae consigo la implementación de este método de enseñanza, destaca principalmente en una mayor motivación, aumentando la participación por parte de los alumnos conduciéndoles a un aprendizaje más profundo y significativo a largo plazo. Asimismo, debido a que en esta metodología se suele implementar el trabajo en equipo, se consigue que los estudiantes mejoren sus

habilidades de comunicación, planificación y relaciones interpersonales (Quintanal, 2023).

Tras el movimiento preservacionista y la aparición del concepto de Escuela Nueva, siguiendo en la línea temporal sobre cómo evoluciona la preocupación medioambiental, a comienzos del siglo XX, surge el concepto de establecer un proceso de coordinación para conservar la naturaleza durante el VII Congreso Internacional de Zoología de Basilea, en 1910, aunque no llega a ejecutarse nunca debido a la Primera Guerra Mundial; y este mismo escenario se repite en 1934 cuando se deseaba establecer la Oficina Internacional de Protección de la Naturaleza con base en Bruselas, frenada también al estallar la Segunda Guerra Mundial (Ayelén, 2017).

Sin embargo, el crecimiento económico en ciertos países más industrializados durante la posguerra genera una preocupación que se comienza a abordar desde una escala mundial, y aparece por primera vez el concepto “desarrollo sostenible”, como un equilibrio entre el progreso social y un nivel de vida social y económico acomodado sin poner en peligro la naturaleza y sus recursos naturales (Ayelén, 2017).

Esta preocupación por el medio ambiente ha seguido estando presente hasta la actualidad, concluyendo en que es necesario una reducción energética y de generación de emisiones para contrarrestar el cambio climático (Naciones Unidas, 2021) y, como es en el caso de España, en establecer políticas orientadas a la transición energética y la mejora del medio ambiente, como con la publicación de la Ley 7/2021 de Cambio Climático y Transición Energética para definir objetivos que puedan reducir las emisiones y promover el uso de energías renovables (BOE, 2021).

Pero las medidas para la mejora y protección del medio ambiente no se han quedado solo en aplicación del sector industrial, sino que también se le ha dado una gran importancia para implementarlas dentro de la educación, en el currículo escolar.

De este modo, la educación ambiental es un componente esencial para educar a los estudiantes en materia de sostenibilidad y conciencia ecológica, y es a través de la asignatura de Física y Química, la que resulta una herramienta clave en la que poder conectar a los alumnos la base conocimientos del currículo de esta asignatura, con el estudio de las problemáticas actuales y el origen de posibles soluciones . Esto hace que la educación orientada al desarrollo sostenible sea esencial para transformar las maneras de pensar y de actuar de los estudiantes, con el objetivo de construir un futuro socioeconómico y ambiental mejor para todos. (Domínguez, 2018).

Así, la educación ambiental debe ir más allá de la simple transmisión de conocimientos sobre el medio ambiente, y enfocarse en un enfoque integral que combine aspectos cognitivos, afectivos y conductuales para promover una compresión completa de los problemas ambientales, incluyendo el conocimiento científico, la sensibilización emocional y la capacidad de actuar de una manera responsable, a través de un proceso de reflexión y participación activa (Caride, 2007).

Con la evidencia empírica sobre la problemática del cambio climático, sus efectos y el deterioro medioambiental (Carbonell-Alcocer et al., 2023),), numerosas instituciones y especialistas han insistido en la gravedad del problema y la necesidad de darle prioridad y urgencia para avanzar hacia un futuro más sostenible (Pellicer et al., 2021).

En concreto, a través del documento “Transformar nuestro mundo: La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible”, la ONU define los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) para abordar todos los desafíos sociales, económicos y ambientales (Pellicer et al., 2021).

Figura 3

Los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible.



Fuente: Naciones Unidas, n.d.

La enseñanza de Física y Química permite a los estudiantes alcanzar una alfabetización científica con el fin de que estos sean capaces de desarrollar habilidades que les permitan comprender y aplicar conocimientos científicos aplicados al medio ambiente, la ciencia y tecnología, o incluso a situaciones de la vida diaria.

De esta forma, esta materia ayuda a los estudiantes a analizar y comprender problemáticas globales recogidas dentro de algunos de los ODS, relacionándose más estrechamente con una Educación de Calidad (ODS 4), con la Industria, Innovación e infraestructura (ODS 11) o con la Acción por el Clima (ODS 13), entre muchas otras, para a través de la educación y el proceso de aprendizaje, puedan trabajar respuestas contra el cambio climático, y ayudando a proponer soluciones innovadoras que puedan dar respuesta a estas problemáticas actuales (Pellicer et al., 2021).

Por lo tanto, para avanzar hacia sociedades más justas y ecológicas, es importante que la educación adopte nuevos enfoques y metodologías para promover la transformación y el cambio, tanto a nivel personal como social. Es por ello por lo que la Agenda 2030 requiere de acciones que analicen el contexto socioambiental y busquen alternativas coherentes con los valores de sostenibilidad, siendo la Educación Secundaria la clave para incorporar estos contenidos dentro del currículo escolar. En la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y el Bachillerato, las asignaturas de Biología y Geología contienen el 37,5% de las referencias a la sostenibilidad y el 22,7% al medio ambiente. En Física y Química, estas cifras son el 12,5% y el 11,3%, respectivamente. En Geografía e Historia, el 12,5% de las referencias están relacionadas con la sostenibilidad y el 6,2% con el medio ambiente. En cultura Científica, el 4,5% de las referencias son sobre sostenibilidad y el 10,3% sobre medio ambiente. Por tanto, la materia de Física y Química debe familiarizar a los estudiantes con la naturaleza y fomentar actitudes hacia el desarrollo sostenible, a través de metodologías específicas que favorezcan el aprendizaje activo y participativo, facilitando la comprensión del mundo (Sáenz-Rico et al., 2023).

Con ello, se deduce que en España las competencias clave son fundamentales para la implementación de la educación en desarrollo sostenible, donde se destacan: el pensamiento crítico, que fomenta la reflexión sobre las acciones, normas y prácticas realizadas; la resolución de problemas, que permite abordar desafíos ambientales desde diferentes ángulos y elaborar soluciones sostenibles; y el

pensamiento sistémico, que ayuda a entender las partes que conforman un sistema y sus interrelaciones para detectar problemas futuros (Gardeño & Monsalve, 2024).

Para ello, algunas de las metodologías que pueden resultar más efectivas para que los estudiantes trabajen aspectos y temas relacionados con el medio ambiente o la sostenibilidad son el ABP, el aprendizaje servicio, el aprendizaje cooperativo y la investigación-acción (Carbonell-Alcocer et al., 2023).

En el ámbito del ABP, Karpudewan et al. (2016) investigaron si esta metodología era efectiva para aumentar el nivel de conocimiento medioambiental en los estudiantes, concretamente dentro del ámbito de la energía. Tras evaluar los resultados del proyecto, concluyeron que los datos reflejaban un aumento significativo de los conocimientos y actitudes sobre la conservación de la energía mayor respecto al alumnado con enseñanza tradicional, aumentando la alfabetización energética. Los estudiantes asumieron un mayor protagonismo y autonomía durante el proceso de aprendizaje trabajando de forma cooperativa a través de debates e intercambio de ideas.

De la misma manera, Candra et al. (2019) sostiene que tras llevar a cabo la metodología ABP para fomentar los contenidos y actitudes de los estudiantes hacia el medio ambiente, se obtuvieron resultados tras comparar el pretest y el postest, que evidencian un incremento considerable de los resultados de aprendizaje y de la actitud hacia la contaminación ambiental. Esto se debe a que gracias al ABP los estudiantes consiguen conectar con problemáticas reales, en este caso contextualizadas en la contaminación ambiental para que, a través de un trabajo activo basado en la investigación y la reflexión, generen una propuesta de soluciones que refleje una percepción clara y profunda del tema.

Como se ha evidenciado, a través del ABP se promueve el aprendizaje activo y participativo entre los alumnos, involucrándose y generándoles interés en la identificación de problemas ambientales y les permite desarrollar competencias para mejorar sus habilidades de investigación, análisis crítico y colaboración. Además, les permite conectar el aprendizaje con el mundo real, ayudándoles a entender la relevancia de los contenidos que están estudiando y cómo pueden aplicarlos de manera práctica (Farfán et al., 2024).

Tras la evidencia científica de cómo las metodologías activas fomentan una mayor concienciación sobre el medio ambiente en los estudiantes, en diversas comunidades autónomas de España, ya se está trabajando activamente para

incorporar la sostenibilidad en el currículo de Secundaria y Bachillerato. Estas iniciativas buscan no solo cumplir con los objetivos de desarrollo sostenible establecidos por la Agenda 2030, sino también fomentar una ciudadanía más consciente y comprometida con el medio ambiente.

En la Comunidad Valenciana, se han desarrollado iniciativas para integrar la sostenibilidad en diversas áreas del currículo escolar, abarcando asignaturas como Ciencias Naturales, Matemáticas, Lengua y Literatura, y Ciencias Sociales (Generalitat Valenciana, n.d.). Además, la "Guía de Recomendaciones para el Fortalecimiento Curricular de la Educación para el Desarrollo Sostenible", publicada por la UNESCO, ofrece directrices para fortalecer el currículo educativo con un enfoque integral en la sostenibilidad (UNESCO, 2022).

También se promueven programas de educación ambiental escolares que se centran en la sensibilización y concienciación ambiental a través de actividades prácticas y proyectos colaborativos (Generalitat Valenciana, n.d.).

Por otra parte, en Castilla-La Mancha, se ha integrado la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible en el currículo educativo. La "Guía Didáctica ODS-¡Tú también eres parte!" introduce a los estudiantes de ESO a los 17 ODS, y se han recopilado recursos educativos para la educación para el desarrollo sostenible (Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, 2022). Además, se promueven proyectos de Aprendizaje Basado en Proyectos que abordan problemas reales con la sostenibilidad, talleres y charlas sobre temáticas ambientales (Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, n.d.).

En el caso de la Comunidad de Madrid, también se han propuesto programas como "Educar hoy por un Madrid más sostenible" para integrar la sostenibilidad en el currículo escolar y conseguir promover dentro de la comunidad educativa una mayor participación. Además, también han trabajado otras iniciativas como cursos, talleres, charlas y eventos (Ayuntamiento de Madrid, n.d.).

Sin embargo, si comparamos las estrategias que otros países promueven para integrar estos conocimientos en educación ambiental se puede observar que, en el caso de Irlanda, han llevado a cabo una integración más temprana y sistemática de la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS) dentro del currículo. Para ello emplean un enfoque globalizado, trabajando la sostenibilidad de manera multidisciplinar integrándola en diferentes asignaturas como Geografía, Tecnología Aplicada, Estudios Empresariales, Educación social, personal y para la salud, y Educación

cívica, social y política. Por lo tanto, se observa que España utiliza un enfoque trasversal e integrado en varias asignaturas y, por el contrario, Irlanda tiene un enfoque más globalizado, con asignaturas específicas como “Política y Sociedad” donde se trabaja un proyecto de ciudadanía y temas específicos de desarrollo sostenible, fomentando una ciudadanía reflexiva y activa. Ambos países han adoptado metodologías innovadoras para integrar la EDS en sus currículos de educación secundaria, adaptándose a sus contextos y necesidades específicas. España se enfoca en competencias clave y proyectos interdisciplinarios, y, por el contrario, Irlanda destaca por una mayor trayectoria integrando la inclusión de asignaturas específicas y proyectos de ciudadanía (Gardeño & Monsalve, 2024).

Con todo ello, se concluye que, debido a las preocupaciones actuales relacionadas con la sostenibilidad y el medio ambiente, es necesario abordar este tipo de problemáticas dentro de las aulas.

Para ello, la materia de Física y Química resulta clave para que los estudiantes puedan comprender los fenómenos que les rodean y abordar contenidos relacionados con la energía, emisiones, materiales, residuos o incluso contaminación acústica a través de los conceptos de ondas.

Una de las formas de tratar estos temas dentro del aula es a través de la metodología ABP donde, siguiendo la corriente pedagógica de la Escuela Nueva, se evidencia que tiene un gran potencial para integrar de una manera sólida la implementación de temas de sostenibilidad, conseguir que los estudiantes mejoren su proceso de aprendizaje, desarrollos habilidades y competencias clave, y lograr una mayor alfabetización medioambiental.

3. METODOLOGÍA

3.1. Objetivos

El objetivo general del presente trabajo consiste en analizar la literatura científica sobre la implementación de la metodología activa del ABP que integre conceptos de sostenibilidad, y pueda aplicarse en las clases de Física y Química dentro de secundaria y bachillerato. Este análisis se va a llevar a cabo a través de una revisión sistemática basada en el modelo PRISMA.

Para conseguir el objetivo general de este trabajo, será necesario alcanzar de forma previa y consecutiva los siguientes objetivos específicos:

- **(OE1)** Analizar la producción científica para identificar los principales temas o conceptos de sostenibilidad que se trabajan empleando la metodología ABP.
- **(OE2)** Analizar si la implementación de temas de sostenibilidad a través de la metodología ABP mejora el desarrollo de habilidades y competencias durante el proceso de aprendizaje.
- **(OE3)** Evaluar si esta metodología de aprendizaje tiene un impacto positivo en la alfabetización y en la concienciación medioambiental de los estudiantes.

3.2. Metodología de investigación y procedimiento

Esta investigación se lleva a cabo con una revisión sistemática de la literatura científica sobre la metodología ABP centrada en conceptos y temas de sostenibilidad aplicados en las aulas. Para ello, en la investigación se ha seguido el procedimiento basado en la metodología PRISMA para realizar la búsqueda, identificación y selección de artículos a incluir.

Se ha trabajado con la metodología PRISMA debido a que se lleva a cabo un proceso de investigación y análisis científico de manera sistemática a través de pasos detallados explícitamente para que cualquier otro investigador pueda reproducirlos completamente. Esto permite aumentar la objetividad para realizar la selección de artículos a incluir en la investigación y obtener una recapitulación de toda la producción científica publicada sobre el tema a investigar a partir de la frase de búsqueda, aplicando filtros y criterios de inclusión y exclusión (Sánchez et. al, 2022).

3.2.1 Palabras clave

De esta forma, se realiza inicialmente una primera búsqueda en diferentes buscadores a partir de la biblioteca de la Universidad Europea de Madrid Dulce Chacón con los términos “PBL”, “Sustainability” y “Chemistry”, para realizar un primer análisis sobre la temática a estudiar y establecer así un punto de partida.

A partir de esta primera búsqueda, se identifican posibles artículos que podrían resultar de interés y se revisa, tanto las palabras clave que recogen estos artículos para poder definir con una mayor eficacia las palabras clave a utilizar en las búsquedas definitivas, como también las bases de datos que pueden dar como resultado literatura de interés para el tema.

3.2.2 Bases de datos

De esta forma, se define en primer lugar las bases de datos que son de interés para realizar nuestra búsqueda de artículos, siendo estas bases Dialnet, ERIC (Education Resources Information Center), PubMed y Scopus.

3.2.3 Frase de búsqueda

En segundo lugar, se define una frase de búsqueda que recoja las palabras claves de la investigación y se conectan a través de operadores booleanos como AND y NOT, y palabras sinónimas para definir los filtros y los límites de nuestra búsqueda.

En concreto, las palabras clave empleadas en español para la investigación han sido: Sostenibilidad, Medio Ambiente, Física, Química, Secundaria, APB, Aprendizaje Basado en Problemas y Aprendizaje Basado en Proyectos. Del mismo modo, para generar la frase de búsqueda en inglés se han empleado: Sustainability, Environment, Physics, Chemistry, Secondary, PBL, Project-based learning y Problem-based learning.

Tras realizar unas primeras búsquedas en las diferentes bases de datos empleando las palabras clave, tanto en español como en inglés, se observa que la cantidad de artículos identificados que tienen relevancia con el tema a investigar en este trabajo es escasa.

Por lo tanto, se decide incluir dos términos más en materia de palabras clave como son “ciencias” y “bachillerato”, en español, y “sciences” y “high school” en inglés.

Tras la inclusión de estos dos términos se elabora ya la frase de búsqueda definitiva que es empleada en esta investigación para la búsqueda de artículos, llevada a cabo entre los meses de febrero y marzo de 2025.

Esta frase de búsqueda queda, en español y en inglés respectivamente, de la siguiente forma:

- (Sostenibilidad OR "Medio ambiente") AND (Física OR Química OR Ciencias) AND (secundaria OR bachillerato) AND (ABP OR "Aprendizaje basado en proyectos" OR "Aprendizaje basado en problemas")
- (Sustainability OR Environment) AND (Physics OR Chemistry OR Sciences) AND (secondary OR "high school") AND (PBL OR "Project-based learning" OR "Problem-based learning")

3.3. Criterios de inclusión y exclusión

Para asegurar que los estudios seleccionados son representativos sobre el tema de investigación de este trabajo, se han definido unos criterios de inclusión y exclusión para elegir los estudios más apropiados.

Los criterios de inclusión permiten aplicar los filtros necesarios para seleccionar los estudios que resulten más relevantes a incluir en esta investigación. Estos son los siguientes:

- Se seleccionan únicamente artículos de investigación.
- Artículos publicados con fecha de los últimos 10 años. En concreto, desde 2014 hasta 2024.
- Artículos publicados en catalán, español, inglés, portugués y valenciano.

Por otra parte, los criterios de exclusión permiten eliminar los estudios que no se incluyen dentro de la investigación. Estos son los siguientes:

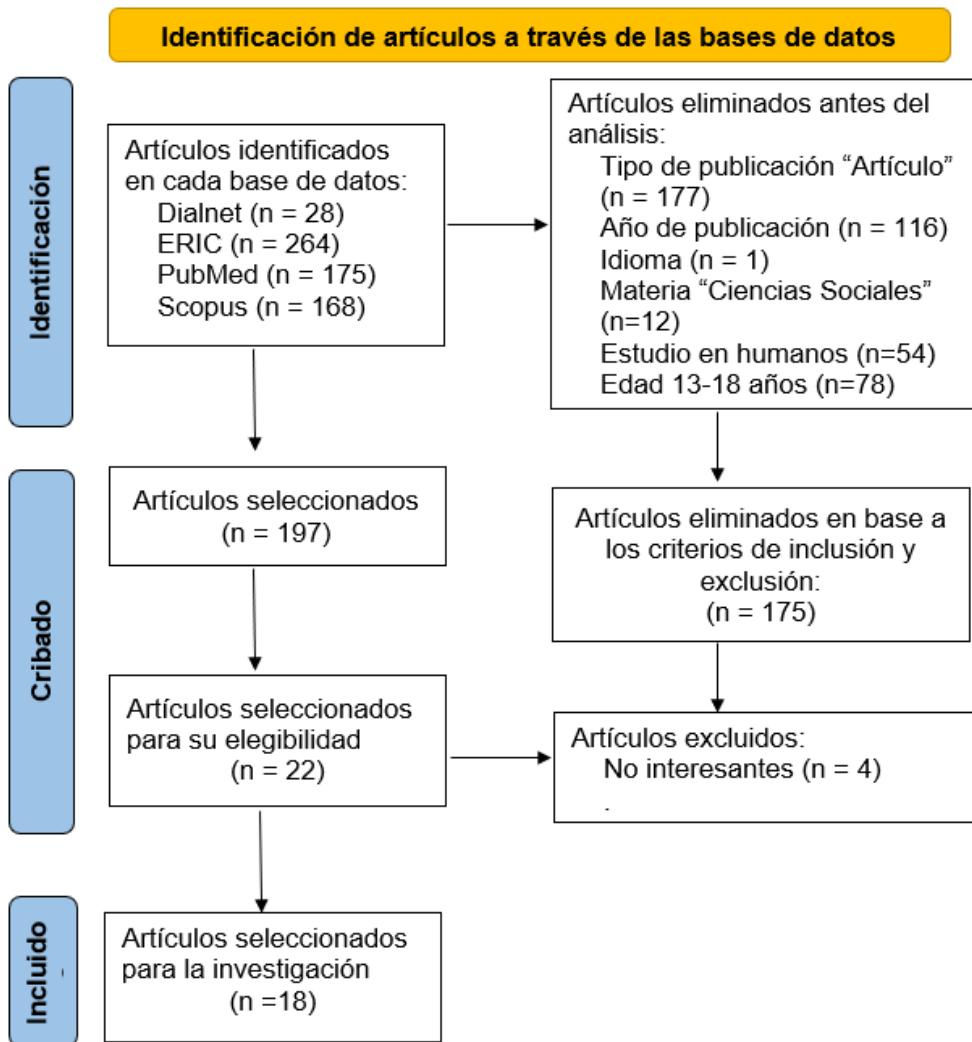
- Se descartan los artículos que no son un estudio de caso en humanos.
- Se descartan los artículos que no se apliquen en estudiantes de edades comprendidas entre 12 y 18 años.
- Se eliminan los artículos de revisión sistemática.
- Se eliminan los artículos duplicados.
- Se descartan los artículos que no implementen metodología ABP.
- Se descartan los artículos que no implementen conceptos o temas de sostenibilidad.
- Se descartan los artículos que no se llevan a cabo en asignaturas de Física y Química o similares.

3.4. Diagrama de flujo

Se muestra a continuación, en la siguiente Figura, el diagrama de flujo según la metodología PRISMA 2020 de la búsqueda realizada para llevar a cabo esta revisión sistemática.

Figura 4

Diagrama de flujo para la búsqueda de artículos según metodología PRISMA.



La búsqueda de artículos se inicia al introducir la frase de búsqueda en las diferentes bases de datos.

En el caso de Dialnet, la frase de búsqueda se introduce tanto en español como en inglés, ya que se observa que se obtienen resultados diferentes en ambos casos. Con la frase en español la base de datos devuelve 7 resultados, y sobre estos aplicamos los primeros filtros seleccionando “Artículo de revista” reduciendo a 6 resultados, y filtrando por los años de publicación de 2014 a 2025 reduciendo a 5. De

estos 5 resultados, se seleccionan únicamente 3 artículos tras aplicar los criterios de inclusión y exclusión, y que resultan de interés para el tema.

Del mismo modo, al introducir la frase en inglés la base de datos Dialnet devuelve 21 resultados, tras aplicar el filtro “Artículo de revista” se reduce a 18, y al filtrar por los años de publicación 2014-2025 se reduce a 17. Tras aplicar los criterios de inclusión y exclusión, y revisar que son relevantes para el análisis se selecciona 1 único artículo.

En la base de datos ERIC se introduce únicamente la frase de búsqueda en inglés y devuelve un total de 264 resultados. Para reducir el volumen de artículos se aplica en primer lugar el filtro de “Publicaciones académicas” dando lugar a 166 artículos, seguidamente se reduce los años de publicación de 2014 a 2025 dando lugar a 112 artículos y, por último, se aplica el filtro de “Texto completo” dejando un total de 110 artículos para su revisión. Tras el análisis de estos resultados aplicando los criterios de inclusión y exclusión, y dejando únicamente los estudios que resultan importantes para el objetivo del trabajo, se seleccionan un total de 10 artículos.

En el caso de la base de datos PubMed se introduce la frase de búsqueda en inglés, devolviendo 175 resultados. Seguidamente se aplica en primer lugar el filtro de año de publicación de 2014-2025 dejando 137 resultados, después se aplica “Estudio en humanos” reduciendo a 83 resultados y, por último, se aplica el filtro “Edad: adolescentes 13-18 años” dejando para su revisión un total de 5 artículos. Tras realizar su revisión y teniendo en cuenta los criterios de inclusión y exclusión, no se selecciona ningún artículo, ya que se considera que ninguno de ellos encaja con la temática del trabajo.

Finalmente, en la base de datos Scopus, se introduce la frase de búsqueda en inglés y devuelve un total de 175 resultados. A continuación, se aplica el filtro de tipo de documento “Artículo” dejando 93 resultados, se filtra por el año de publicación de 2014-2025 quedando 137, se selecciona la temática de “Ciencias Sociales” reduciendo a 59 y finalmente se filtra por idioma para reducir a 58 resultados. Tras revisarlos, aplicando los criterios de inclusión y exclusión, y seleccionando los más representativos para la investigación, se seleccionan 4 artículos.

De esta forma, tras llevar a cabo la búsqueda de artículos en las cuatro bases de datos mencionadas, empleando unos primeros filtros y aplicando los criterios de inclusión y exclusión, se selecciona un total de 18 artículos que se consideran relevantes para llevar a cabo el objetivo planteado.

4. RESULTADOS

En este apartado de resultados se detallan los 18 artículos que han sido recopilados para la revisión sistemática. En concreto, en la Tabla 1, se indica para cada artículo los siguientes datos: título, autores y año de publicación, objetivo, metodología implementada, muestra y resultados.

Tabla 1

Descripción de los artículos incluidos en la revisión indicando el detalle de título, autores y año de publicación, objetivo, muestra y resultados.

Título	Autores y Año	Objetivo	Muestra	Resultados
Ciudad Sostenible: un proyecto para integrar las materias científico-tecnológicas en Secundaria	Benjumeda y Romero, 2017	Diseño e implementación de un proyecto interdisciplinar basado en el ABP para trabajar de forma interdisciplinar materias del ámbito científico-tecnológico, para obtener unos primeros resultados de las posibilidades que puede ofrecer esta metodología de aprendizaje sobre la motivación y el aprendizaje del alumnado en estas materias.	N=81 (12-13 años) Secundaria	- El 70% prefiere el ABP frente a las clases convencionales. - El 75% mejora su implicación, autonomía e iniciativa propia. - El 85% afirma que, si se invierte tiempo suficiente en las tareas, les permite aprender mejor y conocer aplicaciones prácticas. - El 65% prefiere el trabajo colaborativo al trabajo individual.

Energía y sostenibilidad. Una propuesta de Aprendizaje Basado en Proyectos para mejorar la motivación del alumnado de Física y Química de 2º de ESO	García-Ruiz y Lupidón-Cobos, 2018	Diseño de una propuesta basada en la metodología ABP para mejorar la participación y motivación de 2º ESO en la asignatura de Física y Química.	N=60 (13-14 años) Secundaria	- Mejor rendimiento académico. - Mejora nivel de motivación. - Mejor contextualizados sobre el tema energético. - Desarrollo autoaprendizaje. - Estimulación de la creatividad.
ProuNIMBY, una experiència d'ABP en el marc de les STEM amb valors a Secundària	Boixader y Camprubí, 2022	Implementación de una propuesta ABP para conseguir una reflexión del alumnado y un cambio de hábitos en la utilización de envases brik de un solo uso.	(12-13 años) Secundaria	- Mejor nivel de motivación. - Mayor acercamiento de las familias al aprendizaje de sus hijos. - Mayor consolidación y aprendizaje profundo de conceptos. - No ha habido cambios de conducta o concienciación frente al uso de tetrabriks.
Project-Based Learning Experience That Uses Portable Air Sensors to Characterize Indoor and Outdoor Air Quality	D'eon et al., 2021	Implementación de una experiencia ABP que utiliza sensores de aire portátiles de bajo costo para involucrar a los estudiantes en la ciencia de la calidad del aire.	N=25 (13-18 años) Secundaria y Bachillerato	- Mayor autonomía y control sobre su aprendizaje. - Mayor habilidad para trabajar hojas de cálculo y grandes volúmenes de datos. - Reflexión sobre la aplicación de la química a problemáticas reales.
Creative Teaching STEM Module: High School Students' Perception	Othman et al., 2022	Investigar el impacto de la inscripción en el módulo STEM en estudiantes de secundaria con actividades de alfabetización energética y	N= 57 (13-16 años) Secundaria	- Mejora de habilidad para resolver problemas relacionados con la sostenibilidad. - Aumento del pensamiento crítico y creativo. - Mejora de habilidades

		metodologías de aprendizaje activo (indagación y ABP).		comunicativas y de trabajo en equipo.
The effect of macrozoobenthos diversity module based on problem-based learning on junior high school students' environmental attitudes	Sueb y Damayanti, 2021	Determinar el efecto de una situación de aprendizaje ABP basada en el análisis de macrozoobentos como bioindicador de la calidad de los ríos para medir las actitudes ambientales de los estudiantes.	N=60 12-13 años Secundaria	- Los estudiantes que trabajaron con la metodología ABP mejoraron sus actitudes ambientales más que los estudiantes que emplearon libros de texto.
The implementation of local environmental problem-based learning student worksheets to strengthen environmental literacy	Suryawati et al., 2020	Examinar la relación que existe entre la alfabetización ambiental y el desarrollo de habilidades de pensamiento, acción y sensibilidad hacia problemas ambientales a través de la implementación de hojas de trabajo y metodología ABP contextualizado en problemas ambientales locales.	N=372 12-13 años Secundaria	- El ABP es eficaz para fomentar la acción y sensibilidad hacia el medio ambiente. - Capacita a los estudiantes para identificar, analizar, evaluar problemas y planificar acciones relacionadas con el medio ambiente. - La ficha de trabajo tiene un impacto significativo para el desarrollo de pensamiento crítico y mejora en los resultados de aprendizaje.

Communities Charge	Take	Goralnik et al., 2019	Implementación de un programa de educación y acción para estudiantes de secundaria y bachillerato que integra contenido científico sobre el carbono, la conservación de la energía y el cambio climático a través de un aprendizaje experiencial sobre acción climática, reflexión crítica y la participación comunitaria.	11-18 años Secundaria y Bachillerato	- El 29% realizaron acciones de reducción de emisiones de carbono. - La mayoría de los estudiantes demostraron mejoras en el aprendizaje sobre el ciclo del carbono y el clima. - Mejora sustancial de la capacidad para la reflexión y explicaciones científicas.
Designing and Implementing Student-Centred STEM Practices: The 'Water in the 21st Century' Teaching Module	Blom et al., 2021	Diseño e implementación del módulo STEM "Agua en el siglo XXI" para involucrar a los estudiantes en el uso de habilidades STEM de forma crítica y creativa, y desarrollar el interés y la compresión sobre problemas del agua.	N=78 12-16 años Secundaria	- El 75% mejoró el aprendizaje de la idea centrar gracias al cuadernillo de actividades. - El 70% afirmó que el portafolio de trabajo le resultó fácil de comprender. - Los estudiantes mejoraron los resultados de pensamiento crítico y creativo.	
Effects of Project-Based Activities in Developing High School Students' Energy Literacy	Lin y Lu, 2018	Diseño e implementación de una actividad basada en proyectos para mejorar eficazmente	N=77 17-18 años Bachillerato	- Ayudar a aumentar la motivación de los estudiantes y a tener una actitud positiva. - La aplicación de ABP mejoró la alfabetización energética de los estudiantes, aunque no	

			la alfabetización energética y el comportamiento de ahorro de energía.		tuvo un impacto muy significativo respecto al grupo de control.
Enhancing Junior High School Students' System Thinking Competency through Water Treatment with Plant Modification: A Focus on Environmental Pollution	Syifa et al., 2024	Análisis del pensamiento sistémico en estudiantes mediante proyectos científicos sencillos que abordan la contaminación ambiental.	N=20 12-13 años Secundaria	<ul style="list-style-type: none"> - El ABP tiene un impacto positivo para mejorar el pensamiento sistémico de los estudiantes. - El 75% de los estudiantes aumentaron su competencia de pensamiento sistémico después de realizar el proyecto. - El 10% mantuvo constante su competencia en pensamiento sistémico. - El 15% experimentaron una disminución de esta competencia durante la prueba posterior. 	
Environmental Systems Simulations for Carbon, Energy, Nitrogen, Water, and Watersheds: Design Principles and Pilot Testing	Lant et al., 2016	Diseño e implementación de una propuesta basada en el ABP basado en cuatro simulaciones de sistemas ambientales para trabajar sobre el carbono, la energía, el agua y las cuencas hidrográficas, y el nitrógeno, para mejorar los resultados de aprendizaje.	N=39 12-13 años Secundaria	<ul style="list-style-type: none"> - El 58% de los estudiantes disfrutaron con la simulación por ordenador. - El 74% afirmaron que era fácil de entender. - El 85% prefirió este método a la enseñanza tradicional. - Solo el 8% afirmó que usaría la simulación fuera de clase. - Mayor porcentaje de participación y motivación. - Mejores resultados de aprendizaje. 	

A Cross-Cultural Study of the Effect of a Graph-Oriented Computer-Assisted Project-Based Learning Environment on Middle School Students' Science Knowledge and Argumentation Skills	Hsu et al., 2016	Explorar como estudiantes de Estados Unidos y Taiwán desarrollan habilidades de argumentación y conocimiento científico en un entorno ABP que incorpora una aplicación asistida por ordenador y orientada a gráficos.	N=42 12-13 años Secundaria	- Mejora significativa de los estadounidenses en la argumentación científica. - Mejora significativa del tratamiento de hechos científicos en estudiantes taiwaneses.
Mobile Phones as Gold Deposit-- Students Explore Sustainability in a Hands-On Project	Regelous et al. 2018	Descubrir si la metodología ABP cambia la comprensión y la actitud de los estudiantes hacia la sostenibilidad.	N=42 14-15 años Secundaria	- Se obtiene un aumento 72 puntos porcentuales sobre el total de la muestra para la mejora de su comprensión sobre la relación entre recursos y sostenibilidad. - Aumentó la preocupación significativamente sobre el consumo de recursos. - el 83% de los estudiantes alcanzaron los objetivos educativos del proyecto. - Se obtiene un aumento de 62 puntos porcentuales sobre el total de la muestra sobre la afirmación de si reciclarían sus teléfonos móviles. Esto demuestra una mejora de su conciencia sobre los recursos y la sostenibilidad.
Recycling Plastics: Middle School Students Create Solutions during a Summer Camp	Akleman et al., 2019	Implementación de una propuesta ABP sobre el reciclaje de plásticos para promover la	N=9 12-15 años Secundaria	- Los resultados del producto final indicaron resultados de aprendizaje dispares. - Sí aumentó la conciencia y la responsabilidad social y

		conciencia y la responsabilidad medioambiental y desarrollar competencias STEM.	ambiental al presentar su producto final.
			- La mayoría de los estudiantes discutieron sobre sus futuras acciones, incluyendo su disposición a continuar o modificar sus prácticas actuales para reducir la contaminación atmosférica.
Self-Directed Learning and Skills of Problem-Based Learning: A Case of Nigerian Secondary Schools Chemistry Students	Babayi y Yusof, 2015	Investigar el papel de docentes y estudiantes en el desarrollo del aprendizaje autónomo y las habilidades con una metodología ABP contextualizada sobre la purificación del agua.	N=15 16 años Secundaria - Mayor desarrollo del aprendizaje autónomo. Los estudiantes planifican y adquieren un mejor aprendizaje. - Mayor desarrollo de habilidades de aprendizaje permanente y gestión de la información. - Mayor motivación. - Desarrollo del pensamiento crítico y búsquedas de información para contrastar información.
Socio-Critical and Problem-Oriented Approach in Environmental Issues for Students' Critical Thinking Skills Development in Chemistry Learning	Purwanto et al., 2022	Desarrollar las habilidades de pensamiento crítico de los estudiantes mediante la integración de ABP para el aprendizaje de la química con problemas ambientales.	N= 36 16-17 años Bachillerato - La mayoría ha alcanzado un buen nivel de pensamiento crítico. - Han desarrollado con éxito la habilidad de resolución de problemas. - Ha aumentado la motivación y participación en el proceso de aprendizaje.
PBL Application to STEAM Education Incorporating Sustainability and Gender Equality Axes:	Zuza et al., 2024	Diseño e implementación de una innovadora metodología ABP para aplicar un	12-16 años Secundaria - Los alumnos mejoran la resolución de problemas técnicos considerando el impacto social de sus decisiones.

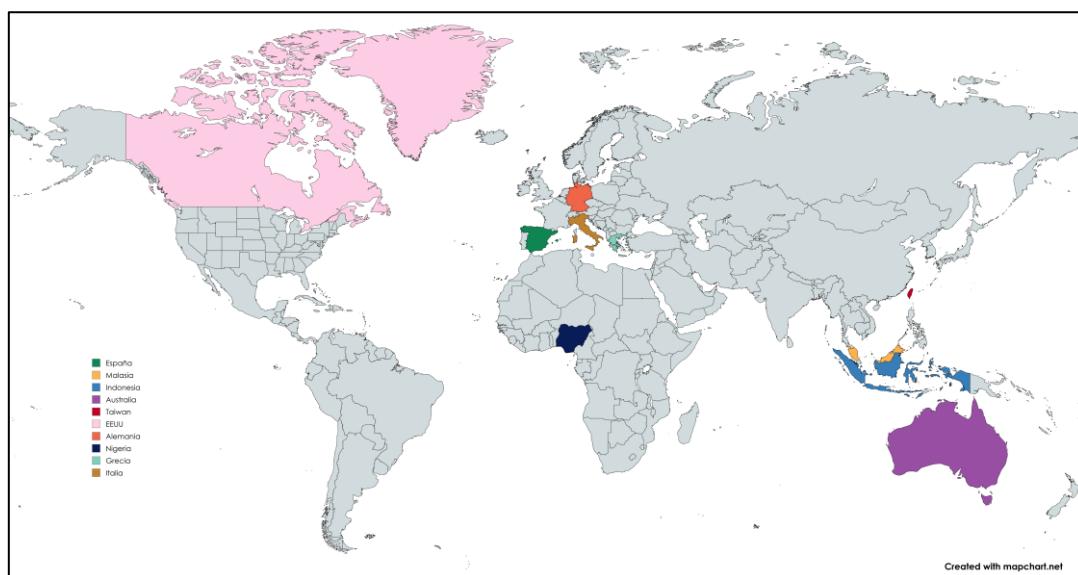
STEAM-ACTIVE Project Implementation in University and High School	enfoque de aprendizaje activo incorporando dos ejes trasversales principales : sostenibilidad e igualdad de género.	- Mayor participación de mujeres en las actividades STEM.
--	---	---

Asimismo, se ha llevado a cabo una representación gráfica para poder visualizar el país de origen de los estudios seleccionados.

El continente asiático es el que ha recogido una mayor proporción de los artículos, con un total de 6 (33,33%) de los 18 seleccionados, y a este le siguen EEUU y Europa con 5 artículos (27,28%) y, por último, África y Oceanía con un único artículo (5,55%).

Figura 5

Gráfico para representar sobre mapamundi el origen de los artículos incluidos en la revisión sistemática.



Fuente: Elaboración propia a partir de mapchart.net

Se ha detallado también el factor de impacto (FI) para indicar la influencia y visibilidad de las revistas científicas donde han sido publicados los artículos seleccionados, así como su cuartil (Q) para poder identificar su temática principal.

Figura 6

Factor de Impacto (FI) y cuartil (Q) por revista y año.

REVISTA	AÑO	FI	Q
Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias	2017	1,14	Q1
Revista del Grupo de Investigación	2018	-	-
Journal of Chemical Education	2021	3,43	Q2
Ciències	2022	0,07	Q4
European Journal of Educational Research	2022	2,05	Q3
Jurnal Pendidikan IPA Indonesia	2021	1,96	Q3
Jurnal Pendidikan IPA Indonesia	2020	2,22	Q3
Journal of Computer Assisted Learning	2016	2,25	Q1
The Science Teacher	2019	0,33	Q1
Teaching Science	2021	-	-
Journal of Baltic Science Education	2018	1,02	Q3
Journal of Science Learning	2024	-	-
Journal of Geoscience Education	2016	0,77	Q2
Review of International Geographical Education Online	2018	0,14	Q4
European Journal of STEM Education	2019	0,00	Q1
International Education Studies	2015	0,27	Q4
Journal of Technology and Science Education	2021	0,79	Q3
New Perspectives in Science Education	2024	0,13	Q4

Nota: El término “-” dentro en la columna del Factor de Impacto (FI) y cuartil (Q) hace referencia a que no se han encontrado estos valores o que todavía no se encuentran publicados.

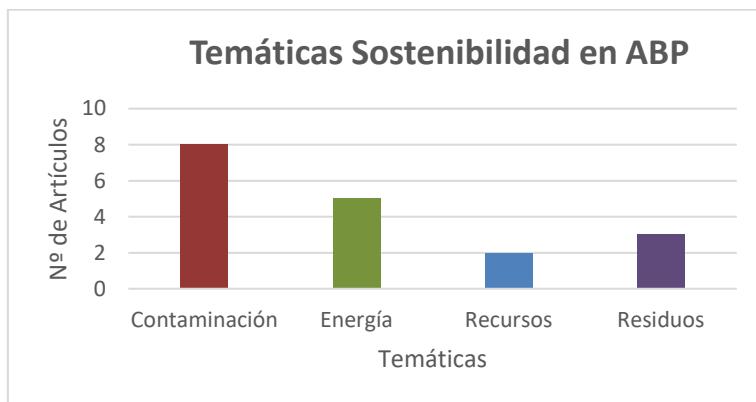
5. DISCUSIÓN

El presente capítulo busca analizar la efectividad del aprendizaje basado en problemas y proyectos, integrando temáticas de sostenibilidad, dentro de la asignatura de Física y Química en secundaria y bachillerato, a través de una revisión sistemática siguiendo la metodología PRISMA. Para ello, se han comparado 18 artículos de investigación, entre los cuales se han observado aspectos comunes que confirman los beneficios de la metodología ABP.

En primer lugar, se ha identificado que todos los artículos abordan cuatro temáticas principales de sostenibilidad para contextualizar los proyectos, las cuales se indican a continuación en la Figura 7.

Figura 7

Temáticas relacionadas con la sostenibilidad que se han abordado en la implementación del ABP.



La mayor parte de los artículos revisados (44%) han sido contextualizados con diferentes problemáticas relacionadas con la contaminación, como puede ser la calidad del aire (D'eon et al., 2021; Lant et al., 2016; Goralnik et al., 2019), del agua (Sueb y Damayanti, 2021; Suryawati et al., 2020; Syifa et al., 2024; Babayi y Yusof, 2015) o del suelo (Purwanto et al., 2022). Le siguen contextos relacionados con la energía (28%) donde principalmente se abordan temas como la eficiencia energética (Benjumeda y Romero, 2017; Othman et al., 2022; Lin y Lu, 2018) o las energías renovables (García-Ruiz y Lupidón-Cobos, 2018; Hsu et al., 2016). Un 17% de los artículos han centrado el contexto de aprendizaje en la problemática con los residuos, donde se han podido tratar aspectos como el reciclaje de plásticos (Boixader y Camprubí, 2022; Akleman et al., 2019) y la economía circular (Zuza et al., 2024). En cuanto a la problemática del uso y gestión de recursos, esta ha sido empleada en el 11% de los artículos seleccionados, trabajando con aspectos como la gestión y el consumo de recursos hídricos (Blom et al., 2020) y geonaturales (Regelous et al. 2018).

De esta forma, se observa que la mayor parte de los artículos revisados abordan problemáticas sobre la contaminación y la energía. Esto probablemente se deba a que se trata de problemas ambientales que presentan una mayor preocupación en la actualidad, y que están estrechamente relacionados con el ODS 13 – Acción por el clima, ya que como exponen los estudios de Suryawati et al. (2020), que a su vez coincide con la investigación de Sueb y Damayanti (2021), se considera que es necesario trabajar dentro de las aulas el aprendizaje de ciencias para la

contaminación ambiental y el calentamiento global, con el fin de desarrollar una mayor responsabilidad en los estudiantes y que estos desarrollen aptitudes que puedan dar respuesta a estas problemáticas medioambientales. Estas evidencias coinciden con la idea de Pellicer et al. (2021) para trabajar una nueva perspectiva de la educación climática a través de la comprensión de las posibles causas del cambio climático, desde una metodología de participación activa.

A su vez, se ha identificado que, en la mayoría de los casos, la metodología ABP se ha combinado con la metodología de indagación científica. Un ejemplo claro es el estudio de Boixader y Camprubí (2022), donde en primer lugar se selecciona un contexto significativo para los estudiantes que genere en ellos la necesidad de comprender qué está sucediendo o cómo pueden resolver el problema y, en un segundo paso, implementar la metodología de indagación para que, a través de preguntas, diseño y trabajo experimental, puedan obtener las conclusiones necesarias para dar respuesta. Este planteamiento coincide con la afirmación de Sagástegui-Bazán (2021), el cual afirma que el método de indagación científica es efectivo para potenciar el aprendizaje en ciencias naturales y, especialmente, para resolver problemas ambientales que requieran de un mayor nivel cognitivo y participación de los estudiantes.

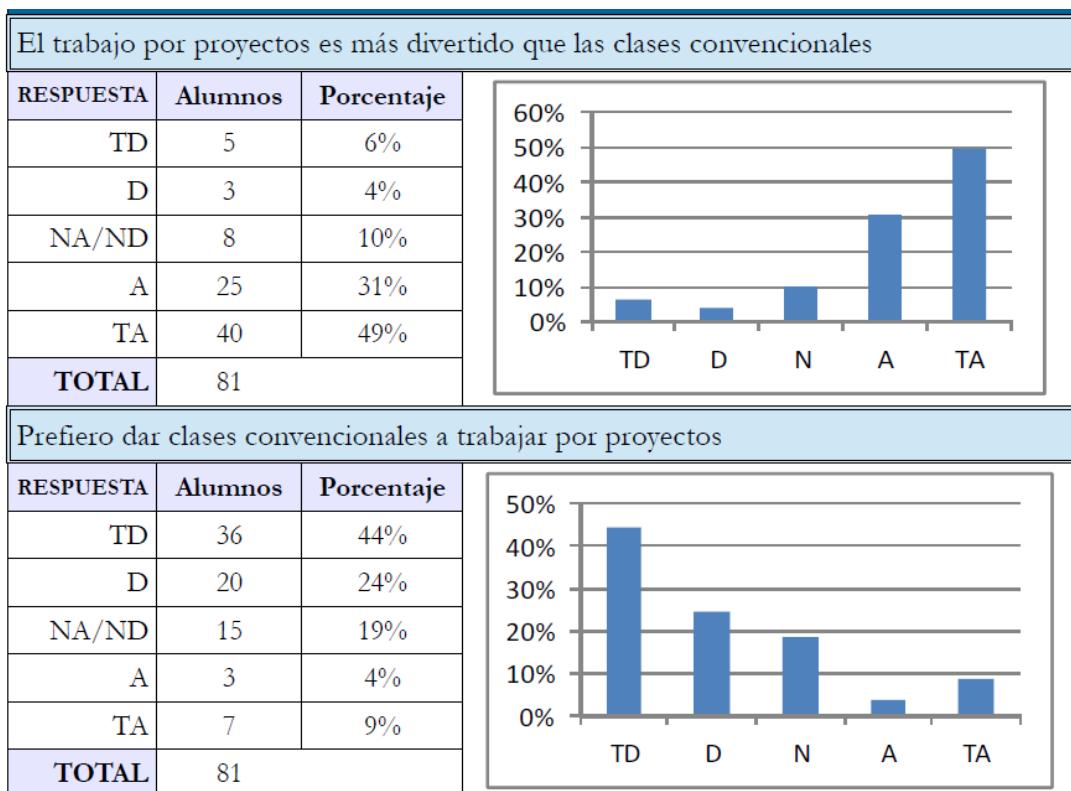
Asimismo, también se han combinado otro tipo de metodologías ya que como se ha podido observar en el estudio de Regelous et al. (2018), se ha combinado el ABP con el aprendizaje interdisciplinar, para que los estudiantes puedan ser capaces de conectar diferentes asignaturas y contenidos que, hasta el momento, les resultan independientes. Esto a su vez, también coincide con el trabajo de Hsu et al. (2016) que combina APB con trabajo cooperativo para fomentar la participación, comunicación y argumentación en equipo. Esto evidencia que la combinación de metodologías activas se lleve a cabo con el fin de poder potenciar el desarrollo integral del alumnado a través del trabajo de diferentes competencias.

Haciendo mayor hincapié sobre las percepciones del alumnado con este tipo de metodología, se puede observar en el estudio de Benjumeda y Romero (2017), que la mayoría de los alumnos reciben positivamente esta metodología de aprendizaje y la prefieren a la forma de enseñanza tradicional. Estos hallazgos coinciden también con otros estudios, como es el caso de Lant et al. (2016), donde el 85% de los alumnos indicó que prefería esta nueva metodología de enseñanza al libro de texto tradicional; el estudio de Babayi y Yusof. (2015) donde las actividades realizadas

durante el ABP resultaron ser interesantes, agradables y muy motivadoras para los estudiantes; o el estudio de Purwanto et al. (2022) donde las problemáticas de contexto relacionadas con la contaminación hacen que los estudiantes se encuentren interesados y motivados sobre el contenido. Estos resultados potencian la idea de Quintanal (2023), de que la metodología ABP genera en el alumnado ciertos beneficios como un aumento de la motivación y participación durante el proceso de aprendizaje.

Figura 8

Percepción de los estudiantes sobre la metodología ABP contextualizada en problemáticas relacionadas con la sostenibilidad.



Nota: TD (Totalmente en Desacuerdo), D (en Desacuerdo), ND/NA (Ni de acuerdo ni en desacuerdo), A (de Acuerdo) y TA (Totalmente de Acuerdo). Fuente: Benjumeda y Romero (2017)

Sin embargo, no todos los artículos de nuestra investigación coinciden en esta evidencia, ya que el trabajo de Blom et al. (2021) indica que, aunque muchos alumnos prefieren este tipo de aprendizaje, este puede resultar complejo y problemático para otros, que lo reciben desde una perspectiva negativa, por motivos como que el enfoque y contexto del proyecto resulte problemático de interpretar o con una

complejidad elevada. Esta es, tal y como afirman Plaza-Angulo y López-Toro (2025), una de las posibles desventajas de esta metodología, ya que los alumnos no se encuentran familiarizados con este tipo de aprendizaje, sino a técnicas donde asumen un papel más pasivo, lo que podría generar cierta resistencia a trabajar con nuevas metodologías.

Un ejemplo de esto se indica a través de dos testimonios de los alumnos del estudio de Blom et al. (2021), donde indicaron lo siguiente:

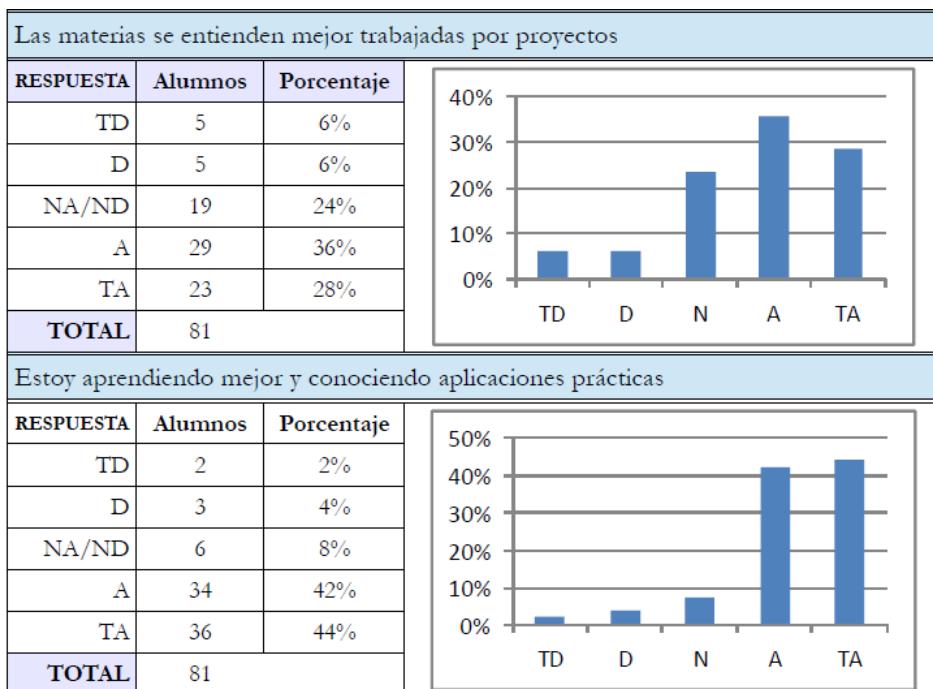
Maybe make the questions more directed to the year group you have. I felt like I was being treated like a university student when I read the workbook and most people in Year 10 cannot work at that expected level. Other than that great job and I had heaps of fun. (Student)

Give further detail and explain more. Give more pictures and easier words so people can understand. (Student)

Profundizando en mayor medida sobre los resultados de la implementación del ABP, el estudio experimental de Benjumeda y Romero (2017) confirma que la mayor parte de los estudiantes aprenden aplicaciones prácticas, ayudándose de herramientas tecnológicas, y generando una mejora en el aprendizaje y la comprensión de conceptos. Los resultados obtenidos son consistentes con los del estudio de Boixader y Camprubí (2022), donde la implementación de ABP combinado con indagación, genera en los estudiantes un aprendizaje profundo de las competencias y objetivos de aprendizaje, consiguiendo afianzar los conocimientos. Y estos resultados reflejan, a su vez, una similitud con la investigación de D'eon et al. (2021), que afirma que esta mejora de aprendizaje viene dado a través del desarrollo de otras habilidades como el tratamiento de datos con herramientas digitales, así como la generación e interpretación de gráficos, reflejando un mayor conocimiento y comprensión de la información que los estudiantes han extraído durante los proyectos.

Figura 9

Impacto del ABP contextualizado en temas de sostenibilidad sobre el aprendizaje.



Fuente: Benjumeda y Romero (2017)

Del mismo modo, los resultados de la investigación de Zuza et al. (2024) reflejan un aumento en las habilidades de los estudiantes para poder combinar diferentes disciplinas y conocimientos para resolver las problemáticas planteadas.

En concreto, se ha demostrado que la entrega de un producto final tiene un impacto favorable para mejorar y activar el aprendizaje de la asignatura de Física y Química, mejorando el grado de rendimiento académico según se ha podido determinar a través de los cuestionarios y hojas de trabajo como instrumentos de evaluación (García-Ruiz y Lupión-Cobos, 2018).

No obstante, esta premisa no se aplica a todos los casos, ya que en el estudio de Akleman et al. (2019) no se han obtenido resultados de mejora del aprendizaje concluyentes, sino que tras la entrega de producto final de los estudiantes se evidenciaron diferencias en la adquisición de conocimientos. Esto puede deberse a que el estudio fue aplicado a estudiantes de distintas edades y con un posible nivel académico diferente.

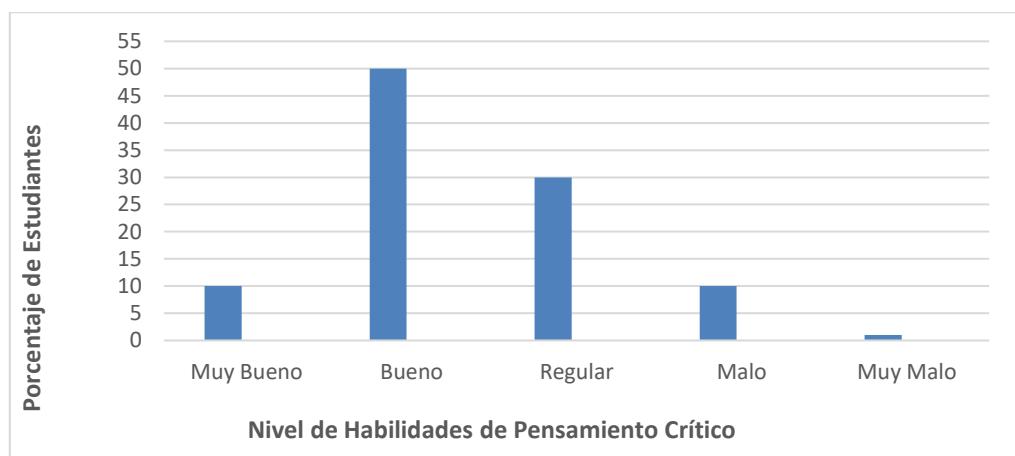
Otro aspecto clave del proceso de aprendizaje es que con la implementación de esta metodología se consigue desarrollar en los estudiantes ciertas habilidades y se

fomentan el desarrollo de competencias clave, como es la alta participación e iniciativa, y mayor autonomía en el proceso de aprendizaje (Benjumeda y Romero, 2017).

En consonancia con lo expuesto, las investigaciones de Purwanto et al. (2022) y Othman et al. (2022) también evidencian que la metodología de aprendizaje basada en problemas con un contexto sociocrítico basado en problemas ambientales mejora las habilidades de pensamiento crítico y en la resolución de problemas.

Figura 10

Impacto de la mejora en la habilidad de pensamiento crítico.

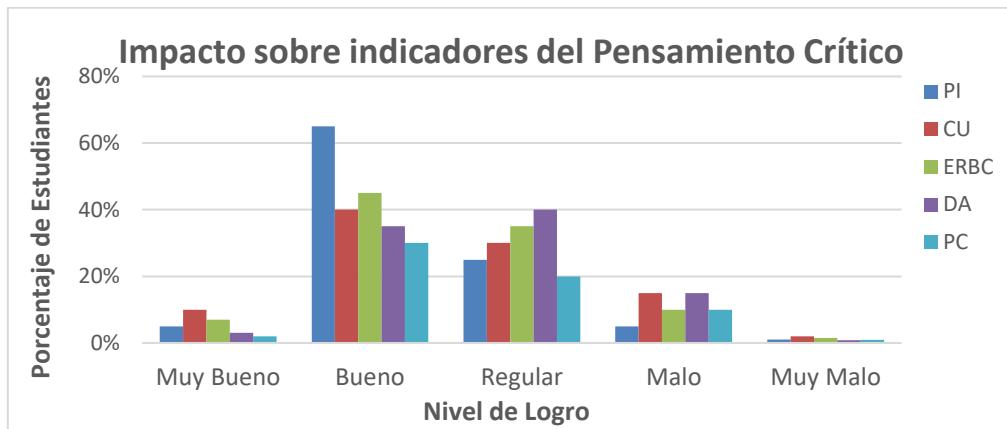


Fuente: Purwanto et al. (2022)

Los datos obtenidos en estas investigaciones coinciden con el estudio de Goralnik et al. (2019) donde los alumnos son capaces de generar respuestas más elaboradas a partir de las evidencias científicas; y con el estudio de Hsu et al. (2016), donde se observa un impacto positivo del ABP en la mejora habilidades como la argumentación y refutación de hipótesis y hechos científicos.

Figura 11

Detalle del impacto de cada indicador en la mejora de habilidad de pensamiento crítico.



Nota: PI: Identificación del problema; CU: Comprensión conceptual; ERBC: Establecer relación entre conceptos; DA: Definición de supuestos; PC: Proporcionar soluciones. Fuente: Purwanto et al. (2022)

Otro factor que influye de manera positiva ante el uso del ABP es el desarrollo del pensamiento sistémico. En el estudio de Syifa et al. (2024) se confirma una mejora sustancial en la resolución de preguntas para evaluar la competencia del pensamiento sistémico tras la implementación de la metodología ABP contextualizada en problemáticas de sostenibilidad. En concreto, el 75% de los alumnos aumentaron su competencia en pensamiento sistémico, otro 10% alcanzaron valores similares a los obtenidos antes del proyecto y un 15% experimentaron un descenso sobre esta competencia.

Figura 12

Impacto sobre la competencia del pensamiento sistémico.



Fuente: Syifa et al. (2024)

En este sentido, también juega un papel relevante los resultados obtenidos sobre la alfabetización y/o concienciación medioambiental de los estudiantes. A grandes rasgos, se ha confirmado que esta metodología ayuda a potenciar la contextualización de la problemática medioambiental escogida (García-Ruiz y Lupión-Cobos, 2018) y fomenta entre los alumnos una mayor responsabilidad social y ambiental (Akleman et al., 2019).

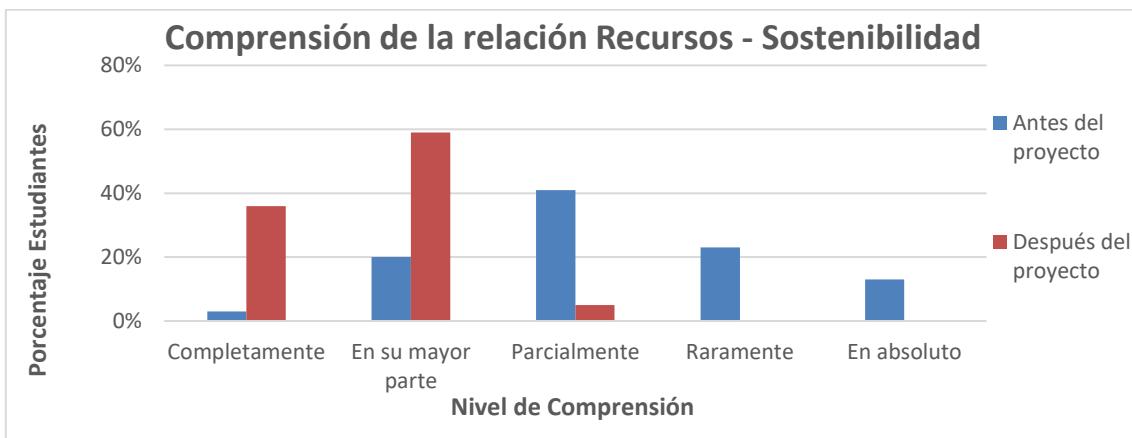
Por lo tanto, los resultados obtenidos respaldan las conclusiones sobre la investigación preliminar llevada a cabo en el marco teórico, donde Karpudewan et al. (2016) ya evidenciaron de forma previa que el ABP contextualizado en problemas medioambientales impacta de forma positiva sobre la adquisición del conocimiento medioambiental en los estudiantes.

Asimismo, el estudio de Sueb y Damayanti (2021), refuerza la hipótesis de que este incremento de la alfabetización sobre sostenibilidad viene dado por emplear un contexto de problemáticas medioambientales, pero también por el método de aprendizaje ABP, ya que en sus resultados se observa que las actitudes ambientales mejoran respecto a los valores de la prueba inicial en los alumnos que han trabajado con libro de texto y también con la metodología ABP. Según su análisis, ambos grupos mejoraron sus resultados, pero los que trabajaron con ABP obtuvieron una puntuación más elevada que los que trabajaron con el libro tradicional.

Los resultados obtenidos están en línea con lo evidenciado en el estudio de Regelous et al. (2018), que al implementar el ABP reportan una mejora en la compresión de los estudiantes sobre el uso de recursos y la sostenibilidad. Inicialmente, solo un 24% de la muestra afirmaba saber el impacto que existe entre estos dos conceptos y, al terminar el desarrollo del proyecto, esta afirmación aumentó hasta el 96%.

Figura 13

Análisis del conocimiento de los estudiantes entre el consumo de recursos y la sostenibilidad antes y después de la implementación del ABP.

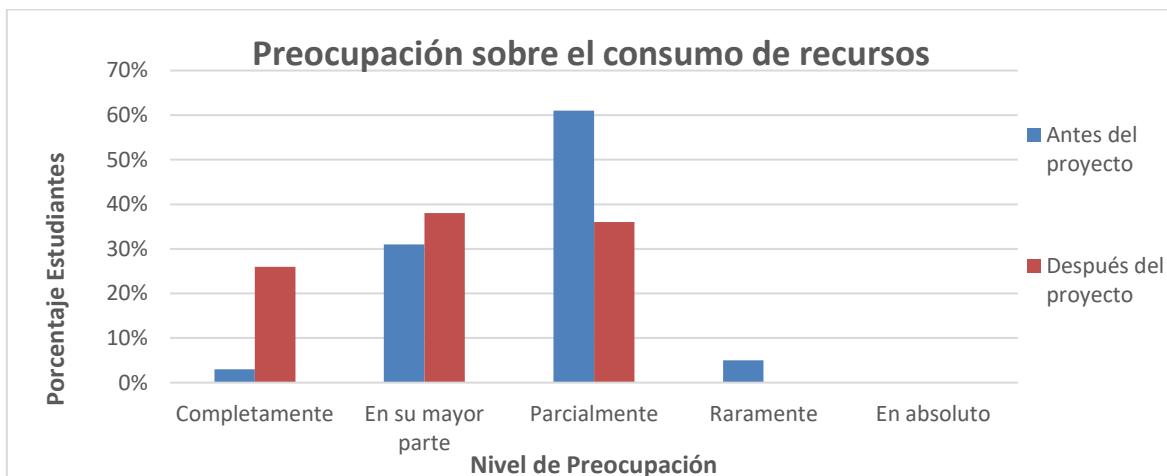


Fuente: Regelous et al. (2018)

Por lo tanto, no solo generó una mayor alfabetización, sino también una mayor preocupación por sus acciones. Como resultado, se demuestra que esta metodología de aprendizaje fomenta un conocimiento y comprensión más profundo, al mismo tiempo que mejora la actitud de los estudiantes hacia la responsabilidad medioambiental (Regelous et al., 2018).

Figura 14

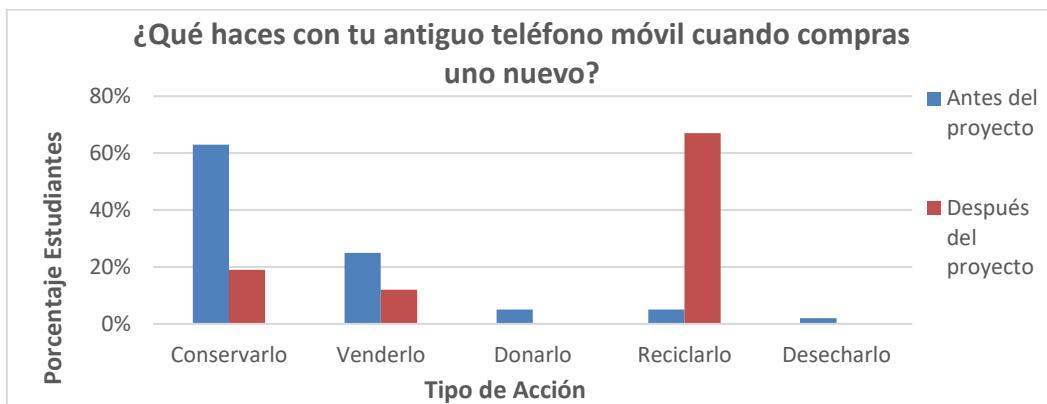
Análisis sobre la preocupación en los estudiantes por el consumo de recursos antes y después de la implementación del ABP.



Fuente: Regelous et al. (2018)

Figura 15

Análisis sobre la actitud de los estudiantes hacia la responsabilidad medioambiental antes y después de la implementación del ABP.



Fuente: Regelous et al. (2018)

Si bien la mayoría de los estudios muestran resultados positivos sobre la alfabetización ambiental ante el uso del ABP, la investigación de Lin y Lu (2018) presenta ciertas discrepancias. En sus resultados, aunque se ha evidenciado una mejora en la alfabetización medioambiental, en este caso sobre la problemática energética, el efecto no fue significativo en términos numéricos. Según su análisis, la causa de ello se considera que puede deberse, por un lado, a que durante el proyecto se debe dar un mayor protagonismo a la reflexión sobre las problemáticas y sus responsabilidades y, por otro lado, a una falta de tiempo para realizar todas las actividades del proyecto.

Estos hallazgos son coherentes con la recomendación que sugieren Suryawati et al. (2020), donde destacan el impacto significativo que tiene la implementación de hojas o cuadernos de trabajo dentro de la metodología APB. En su conclusión, afirma que, con ellas, se consigue que los estudiantes dediquen un mayor tiempo a la reflexión y el pensamiento crítico, garantizando buenos resultados para potenciar el dinamismo y sensibilidad hacia la sostenibilidad.

No obstante, profundizando en mayor medida sobre el impacto que tiene el uso del ABP contextualizado en sostenibilidad, sobre la concienciación ambiental de los estudiantes, no se han encontrado estudios que presenten resultados favorables al respecto.

En el estudio de Goralnik et al. (2019), aunque indican que consiguió que el 29% de los estudiantes informaran de medidas que adoptarían para reducir su impacto

medioambiental, no se ha confirmado que la metodología ABP contextualizada en problemáticas medioambientales genere un cambio de conducta sobre los estudiantes a corto plazo.

Esta hipótesis se confirma con la investigación de Boixader y Camprubí (2022) donde exponen que, a pesar de que sí que han encontrado evidencias de que se ha generado en los alumnos un aprendizaje y alfabetización significativos, no se ha conseguido observar un cambio de conducta sobre, en este caso, una reducción de los residuos de tetrabriks en el centro educativo, sino que se afirma que, tras la implementación del proyecto “las papeleras y el patio siguen llenos de tetrabriks en el tercer trimestre”.

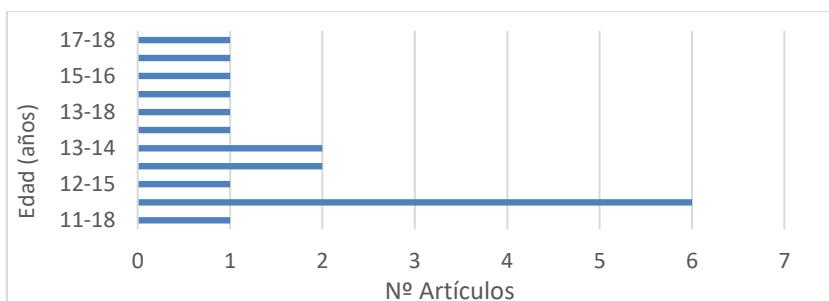
Por lo tanto, se concluye que generar un cambio en las actitudes y comportamientos de los estudiantes de cara a transformar sus acciones en otras más sostenibles es un reto considerable, difícil de conseguir con un único proyecto, y que debe de trabajarse a largo plazo (Boixader y Camprubí, 2022).

Esto coincide con las conclusiones realizadas por Lárez y Jiménez (2019), donde afirman que para poder afianzar valores medioambientales y generar un cambio en los hábitos de alumnos de menor edad, se necesita trabajar en métodos con mayor duración en el tiempo para poder consolidar de manera efectiva estos aspectos.

Además, otra de las causas puede deberse a que, a pesar de que la implementación de estos estudios ha sido para distintos niveles educativos de secundaria y bachillerato, se han llevado a cabo principalmente en los cursos de secundaria y, en concreto, con estudiantes de edades comprendidas entre 12 y 13 años, mayoritariamente.

Figura 16

Edad de los estudiantes sobre los que se ha llevado a cabo la metodología ABP contextualizada con problemáticas relacionadas con la sostenibilidad.



Este análisis podría reforzar las evidencias ya documentadas en investigaciones previas. Por ejemplo, Restrepo (2005) destacó en su estudio que la metodología ABP exige un mayor nivel cognitivo y conciencia emocional que, por la etapa de desarrollo de la adolescencia entre la que se encuentran los estudiantes de secundaria, especialmente en los primeros cursos, no siempre disponen de ellas.

En definitiva, teniendo en cuenta los resultados obtenidos, se puede afirmar que la metodología ABP contextualizada en temas de sostenibilidad, tiene grandes beneficios en la asignatura de Física y Química, sobre todo, para fomentar un aumento de motivación y participación en el aula, mejorar el proceso de aprendizaje, y desarrollar competencias como el pensamiento crítico, el pensamiento sistémico, trabajo y comunicación en equipo y una mayor alfabetización ambiental. No obstante, para llevar a cabo una correcta implementación de esta metodología requiere una mayor inversión de tiempo para su correcto diseño y puesta en práctica en el aula por parte del docente, para asegurar que su desarrollo se lleva a cabo de forma adecuada para los estudiantes, tanto en contenido como en forma.

6. CONCLUSIONES

A partir de los resultados y discusión obtenidos en los apartados anteriores, se considera que se ha alcanzado el 100% del Objetivo General del proyecto, el cual consistía en realizar una investigación sobre la literatura científica de la implementación del ABP contextualizado con temas de sostenibilidad, que pudiera aplicarse en las clases de Física y Química en secundaria y bachillerato.

Entrando más en detalle, y en relación con el primer Objetivo Específico (OE1) planteado, los resultados confirman que la implementación de la metodología ABP dentro de las aulas se lleva a cabo contextualizándose principalmente con las problemáticas relacionadas con la contaminación y la energía. Por lo tanto, se considera que debido a que todos los artículos mencionan una temática concreta, el cumplimiento de este objetivo es del 100%. Además, se ha observado que el proceso de aprendizaje se lleva a cabo de forma combinada en la mayoría de los casos con el proceso de indagación, con el fin de que los estudiantes participen de forma más activa en actividades experimentales y toma de datos. Esta práctica se aplica en diferentes niveles educativos para secundaria y bachillerato, aunque se ha

identificado que la mayor parte se pone en práctica con alumnos de edades comprendidas entre 12-16 años.

Seguidamente, con el fin de abordar el segundo Objetivo Específico (OE2), respecto al impacto que tiene esta metodología contextualizada en temas de sostenibilidad, se ha evidenciado que esta fomenta el desarrollo de habilidades y competencias generando una mayor autonomía, desarrollo del pensamiento crítico, pensamiento sistémico y alcanzando un mayor nivel de resolución de problemas y alfabetización científica, lo que provoca una mejora en el proceso de aprendizaje, afianzando conceptos de Física y Química de una forma más profunda. Teniendo en cuenta que 17 de los 18 artículos evaluaron las mejoras en el proceso de aprendizaje y/o en el desarrollo de las competencias, de los cuales 16 reportaron resultados positivos, se ha conseguido un 94% del cumplimiento de este objetivo específico.

Por último, siguiendo con el tercer Objetivo Específico (OE3), se ha confirmado que existe una mejora sustancial en cuanto a la alfabetización medioambiental tras la puesta en práctica de estos proyectos. debido a que 10 de los 18 artículos analizaron esta variable, y en concreto, 8 de ellos reportaron mejoras en cuanto a la alfabetización medioambiental, se concluye que se ha alcanzado el 80% de éxito para este objetivo específico. Sobre este punto, es importante mencionar el protagonismo de cuadernos y hojas de trabajo de los estudiantes que les permite dedicar un mayor tiempo al proceso de reflexión, estimulando la sensibilidad hacia la sostenibilidad. Sin embargo, no hay evidencia que confirme que este tipo de aprendizaje genere un cambio en la conducta del alumnado, a corto plazo, sobre la adquisición de hábitos o acciones más sostenibles para el medio ambiente.

Con todo ello, se ha podido comprobar que el ABP contextualizado en temas de sostenibilidad tiene un impacto realmente beneficioso. Sin embargo, tal y como se ha podido comprobar, es complicado generar en los estudiantes, a través de la implementación de un único proyecto, un cambio en su hábitos enfocado a mejorar las problemáticas ambientales. Con este análisis, cabe preguntarse si esto puede deberse a la falta de integración de temas de sostenibilidad de forma prolongada a lo largo del currículo y de los distintos niveles educativos, a una falta de conexión personal y emocional de los alumnos con la problemática a tratar, o a una falta de tiempo en la duración de las actividades de los proyectos llevados a cabo, ya que en la mayoría de los casos no se dispone del tiempo que se gustaría para poder implementarlos de la forma más efectiva posible.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

En primer lugar, se muestran las referencias bibliográficas que los artículos incluidos en la revisión reflejados en el apartado de resultados.

7.1. Referencias Bibliográficas de capítulo de RESULTADOS

- Akleman, E., Barroso, L., Capraro, M.M., Creasy, T., Fleming, K., He, W., Hong, L. & Williams, A.M. (2019). Recycling Plastics: Middle School Students Create Solutions During a Summer Camp. *European Journal of STEM Education*, 4 (1).
- Babayi, A. & Yusof, M. (2015). Self-Directed Learning and Skills of Problem-Based Learning: A Case of Nigerian Secondary Schools Chemistry Students. *International Education Studies*, 8 (12).
- Benjumeda, F.J. y Romero, I.M. (2017). Ciudad Sostenible: un proyecto para integrar las materias científico-tecnológicas en Secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las ciencias*, 14 (3).
- Blom, S., Pentland, P. & Woolcott, G. (2021). Designing and implementing student-centred STEM practices: the 'Water in the 21st Century' teaching module. *Teaching Science*, 67 (1).
- Boixader, J. y Camprubí, R. (2022). ProuNIMBY, una experiencia d'ABP en el marc de les STEM amb valors a secundaria. *Ciències*, (45).
- D'eon, J.C., Stirchak, L.T., Brown, A.S. & Saifuddin, Y. (2021). Project-Based Learning Experience That Uses Portable Air Sensors to Characterize Indoor and Outdoor Air Quality. *Journal of Chemical Education*, 98 (2).
- García-Ruiz, C. y Lupión-Cobos, T. (2018). Energía y sostenibilidad. Una propuesta de Aprendizaje Basado en Proyectos para mejorar la motivación del alumnado de Física y Química de 2º de ESO. *Revista del Grupo de Investigación*, 2 (2).
- Goralnik, L., Dauer, J. & Lettero, C. (2019). Communities Take Charge. *The Science Teacher*, 87 (1).
- Hsu, P., Van, M., Chen, Y. & Smith T.J. (2016). A cross-cultural study of the effect of a graph-oriented computer-assisted project-based learning environment on middle school students' science knowledge and argumentation skills. *Journal of Computer Assisted Learning*, 32 (1).

- Lant, C., Pérez-Lapeña, B., Xiong, W., Kraft, S., Kowalchuk, R. & Blair, M. (2016). Environmental Systems Simulations for Carbon, Energy, Nitrogen, Water and Watersheds: Design Principles and Pilot Testing. *Journal of Geoscience Education*, 64.
- Lin, K. & Lu, S. (2018). Effects of project-based activities in developing high school students' energy literacy. *Journal of Baltic Science Education*, 17 (5).
- Othman, O., Iksan, Z.H. & Yasin, R.M. (2022). Creative Teaching STEM Module: High School Students' Perception. *European Journal of Educational Research*, 11 (4).
- Purwanto, A., Rahmawati, Y., Rahmayanti, N., Mardiah, A. & Amalia, R. (2022). Socio-Critical and Problem-Ortiented Approach in Environmental Issues for Students' Critical Thinking Skills Development in Chemistry Learning. *Journal of Techonolgy and Science Education*, 12 (1).
- Regelous, A., Holzförster, F. & Stich, A. (2018). Mobile Phones as Gold Deposit-Students Explore Sustainability in a Hands-On Project. *Review of International Geographical Education Online*, 8 (3).
- Sueb & Damayanti, J. (2021). The effect of macrozoobenthos diversity module based on problem-based learning on junior high school students' environmental attitudes. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 10 (3).
- Suryawati, E., Suzanti, F., Zulfarina, Putriana, A.R. & Febrianti, L. (2020). The implementation of local environmental problem-based learning student worksheets to strengthen environmental literacy. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 9 (2).
- Syifa, M., Sanjaya, Y., Eliyawati, E. & Suttiwan, W. (2024). Enhancing Junior High School Students' System Thinking Competency through Water Tratment with Plan Modification: A Focus on Environmental Pollution. *Journal of Science Learning*, 7 (1).
- Zuza, K., Portillo-Blanco, A., Iturbe-Zabalo, E., Gutierrez-Berraondo, J., Sirmakessis, S., Trombetti, L., Zoncheddu, S. & Barelli, L. (2024). PBL Application to STEAM Education Incorporating Sustainability and Gender Equality Axes: STEAM-ACTIVE Project Implementation in University and High School. *New Perspectives in Science Education*, 2024 (13).

En segundo lugar, se indican el resto de las referencias auxiliares que han sido empleadas en el resto de los apartados de este trabajo.

7.2. Referencias Bibliográficas de los capítulos INTRODUCCIÓN, MARCO TEÓRICO, METODOLOGÍA Y DISCUSIÓN

- Andrés, M. (2006). Historia y medio ambiente: El sentido de la historia dentro del análisis ambiental por dimensiones. *Revista Gestión y Ambiente*, 9 (3).
- Aranda-Vejarano, M., Valiente-Saldaña, Y., Diaz-Valiente, F. & Yi-kcmot, S. (2023). Educación ambiental en instituciones educativas y cuidado del medio ambiente: Revisión sistemática. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria KOINONIA*, VIII (1).
- Ayuntamiento de Madrid (n.d.). *Educar hoy por un Madrid más Sostenible*. Portal Educar hoy por un Madrid más sostenible. <https://educarmadridsostenible.madrid.es/portales/educar/es/En-portada/?vgnnextfmt=default&vgnextchannel=1856d277b0e83810VgnVCM1000008a4a900aRCRD>
- Ayelén, M. (2017). Construcción Histórica del actual concepto de desarrollo sostenible. Antecedentes de problemáticas socioeconómicas y ambientales. *Revista Ciencias Administrativas*, (10).
- Barrera, J. (2023). John Dewey, el pragmatismo y la Escuela Nueva. Repositorio del Consejo de Formación en Educación (CFE) de Uruguay.
- Calvache, J.E. (2003). La escuela nueva y los conceptos básicos de la educación en el pensamiento de John Dewey. Una aproximación teórica. *Revista Historia de la Educación Latinoamericana*, (5).
- Calvo, M. (2023). Diseños icónicos vs sostenibilidad. Cuadernos del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación. *Ensayos*, (216).
- Campoverde, F., Soplalpuco, J. (2022). Cultura ambiental sostenible en la educación. *Revista Científica de la UCSA*, 9 (2).
- Candra, R., Karyanto, P., & Prayitno, B. A. (2019). Pengembangan subject specific pedagogy berbasis problem based learning untuk penguatan sikap peduli lingkungan pada siswa SMP. *Bio-Pedagogi*, 8(1), 6–13.
- Carbonell-Alcocer, A., Romero-Luis, J., & Gertrudix, M. (2023). Metodologías y recursos educativos para fomentar la cultura ecológica y la concienciación climática en la escuela. *Revista de Investigación Educativa*, 41(1), 185-203.

- Caride, J. (2007). La educación ambiental en la investigación educativa: realidades y desafíos a futuro. *Revista científica Galego-Lusófona de Educación Ambiental*, 1(3), 33-55.
- Certad Villarroel, P. A. (2015). Tendencias pedagógicas y didáctica: 4 visiones en 4 tiempos. *Revista de Comunicación de la SEECl*, 19(36), 111-129.
- Decreto 107/2022, de 5 de agosto, del Consell, por el que se establece la ordenación y el currículo de Educación Secundaria Obligatoria. [2022/7573]. https://dogv.gva.es/datos/2022/08/11/pdf/2022_7573.pdf
- Domínguez, C.M. (2018). Percepción del desarrollo sostenible en estudiantes de bachiller. Importancia y justificación del tema de estudio. *Revista Utesiana de la Facultad Ciencias y Humanidades*, 3(3), 58-64.
- Domínguez, J.A., Carod, E.S. y Velilla, M.J. (2008). Comparativa entre el aprendizaje basado en proyectos y el aprendizaje basado en problemas. *Investigación educativa e innovación docente en el proceso de convergencia europea*.
- Farfán, J., Delgado, R. Farfán D. (2024). Educación ambiental, currículo, estrategias y políticas para la sostenibilidad. *Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias*, 8 (23).
- Generalitat Valenciana (n.d.). *Otros programas de educación ambiental*. Centro de Educación ambiental de la Comunidad Valenciana (CEACV). <https://mediambiente.gva.es/es/web/ceacv/otros-programas-de-educacion-ambiental>
- Gardeño J.M., & Monsalve, L. (2024). Educación para el desarrollo sostenible en el currículum de España e Irlanda. *Universidad y Sociedad*, 16(1), 30-44.
- Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha (2022). *Unidad didáctica Objetivos de Desarrollo Sostenible en el aula - ¡Tú también eres parte! Agenda 2030 Castilla-La Mancha*. <https://agenda2030.castillalamancha.es/sites/default/files/2022-09/Unidad-didactica-ODS-completo.pdf>
- Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha (n.d.). *Recursos educativos para trabajar la Educación para el Desarrollo Sostenible: Agenda 2030*. Portal de Educación de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha <https://www.educa.jccm.es/recursos/es/propuestaseducativas/recursos-educativos-trabajar-educacion-desarrollo-sostenible>

- Karpudewan, M., Ponniah, J., & Zain, A. N. Md. (2016). Project-based learning: An approach to promote energy literacy among secondary school students. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 25 (2), 229-237.
- Lárez; J.H. y Jiménez, M.A. (2019). Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) como estrategia para promover la formación Educativa Ambiental en estudiantes universitarios: una aproximación desde la didáctica. *Revista de Investigación*, 43(98).
- Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética. «BOE» núm. 121, de 21/05/2021. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2021-8447>
- Loor, M., Cruz-Montero, J. Calderón, M. (2024). Programa de sostenibilidad ecológica en el desarrollo de la conciencia ambiental de estudiantes de bachillerato. Universidad, *Ciencia y Tecnología*, 28.
- Mascarell, L., Vilches, A. (2016). Química Verde y Sostenibilidad en la educación en ciencias en secundaria. *ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS*, 34 (2). doi: 10.5565/rev/ensciencias.1688
- Naciones Unidas (2021). *Cambio climático: el ser humano ha calentado el planeta a un nivel nunca visto en los últimos 2000 años*. Noticias ONU. Cambio climático y medio ambiente. <https://news.un.org/es/story/2021/08/1495262>
- Naciones Unidas (n.d.). Portada. Objetivos de Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>
- Pazos-Yorvi, E.I. y Aguilar-Gordón, F.R. (2024). El aprendizaje basado en problemas como estrategia metodológica para el desarrollo del pensamiento crítico. *Revista de Estudios y Experiencias en Educación REXE*, 23 (53).
- Pellicer, E., Verdejo, M., Calero, M., & Vilches, A. (2021). Acción por el clima: El tratamiento del ODS 13 en la enseñanza de Física y Química en Educación Secundaria. *Actas Electrónicas del XI Congreso Internacional en Investigación en Didáctica de las Ciencias 2021*, 1105-1108.
- Plaza-Angulo, J.J. y López-Toro, A.A. (2025). Aprendizaje basado en problemas: ventajas y desventajas percibidas por el alumnado. *Revista Colombiana de Educación*, (96).
- Quintanal, F. (2023). Aprendizaje basado en problemas para Física y Química de Bachillerato. Estudio de caso. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 20 (2).

- Restrepo, B. (2005). Aprendizaje basado en problemas (ABP): una innovación didáctica para la enseñanza universitaria. *Educación y Educadores*, 8.
- Ricardo, R. (2020). La revolución industrial: impactos en el medio ambiente. Estudyando. *Medio ambiente y Ecología*. <https://estudyando.com/la-revolucion-industrial-impactos-en-el-medio-ambiente/>
- Sáenz-Rico, B., Mendoza M., Biencinto, C. (2023). Conocimiento, uso y forma en las prácticas docentes para promover la sostenibilidad curricular en Educación Secundaria Obligatoria. *Revista Educar*, 60 (1).
- Sagástegui-Bazán, L.P. (2021). La metodología indagación y el aprendizaje de las Ciencias Naturales. *Revista Polo del Conocimiento*, 6(12).
- Sánchez-Martín, M., Navarro-Mateu, F., & Sánchez-Meca, J. (2022). Las revisiones sistemáticas y la educación basada en evidencias. *Espiral. Cuadernos del Profesorado*, 15(30), 108-120.
- UNESCO (2022). *Guía de recomendaciones para el fortalecimiento curricular de la educación para el desarrollo sostenible mediante el abordaje Integral escolar*. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000383679>
- UNICEF Argentina (2020). *El Aprendizaje Basado en Proyectos en PLaNEA*. Enfoque general de la propuesta y orientaciones para el diseño colaborativo de proyectos.
- Universidad Europea (2024). Análisis de la institución escolar. Sociedad, familia y educación. Universidad Europea de Madrid.