



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

Título: Diseño y validación preliminar mediante IA de una propuesta educativa ABP-STEM para abordar la problemática de gestión de residuos en el municipio de El Roble, Sucre.

Este proyecto aporta al fortalecimiento de la educación y la conciencia ciudadana frente a la gestión de residuos en el municipio de El Roble, Sucre. Este proyecto es innovador porque integra el ABP y el STEM con herramientas de Inteligencia Artificial para diseñar y validar una propuesta educativa orientada a problemáticas ambientales reales del contexto local.

Adriana Lucia Acevedo Arrieta ¹

Efraín Mateo Arrieta Buelvas ²

¹ adrianaacevedo@usantotomas.edu.co - <https://orcid.org/0009-0000-8293-7363> -
<https://scholar.google.es/citations?hl=es&user=PSXG6vIAAAAJ>

² efrain.arrieta@usantotomas.edu.co - <https://orcid.org/0009-0006-4082-4508> -
<https://scholar.google.com/citations?user=41zNA46J0tEC&hl=es&oi=ao>

Resumen

Este trabajo de grado tiene como propósito diseñar una propuesta educativa enfocada en el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y enfoque STEM orientada al fortalecimiento de gestión de residuos en el municipio de El Roble, Sucre, así como realizar su validación preliminar mediante Inteligencia Artificial. Debido a que las propuestas educativas requieren revisión previa antes de ser aplicadas, esta investigación incorpora la inteligencia artificial como recurso complementario para evaluar preliminarmente la coherencia y pertinencia de la propuesta, con el fin de comparar sus resultados con los obtenidos con el juicio de expertos. Esta investigación surge a partir de la necesidad de atender una problemática ambiental en el territorio, relacionada con la baja cobertura del servicio de recolección de basuras y la disposición inadecuada de residuos, especialmente en las zonas rurales del municipio. Frente a esta realidad, se plantea una propuesta educativa contextualizada que permita vincular la escuela con las necesidades del entorno y promover en los estudiantes aprendizajes significativos, conciencia ambiental y participación de su comunidad. El diseño de la propuesta integra saberes de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, con el fin de favorecer el desarrollo de competencias y habilidades importantes tanto para la formación escolar como para la educación superior. Atendiendo a las dificultades de acceso geográfico propias de la ruralidad, la investigación incorpora de manera innovadora la IA como un recurso tecnológico concurrentemente paralelo al juicio de expertos humanos; esto permite auditar la coherencia y pertinencia del constructo antes de su implementación en el aula, resguardando la viabilidad ética y los tiempos académicos de la comunidad estudiantil. Como resultado, se aporta un modelo educativo pertinente que contribuye a la formación integral y al fortalecimiento de prácticas responsables en el manejo de residuos sólidos.

Palabras clave: Aprendizaje Basado en Proyectos, Educación STEM, Gestión de residuos, Inteligencia Artificial.

Abstract

This master's thesis aims to design an educational proposal focused on Project-Based Learning (PBL) and the STEM approach, oriented toward strengthening waste management in the municipality of El Roble, Sucre, as well as to conduct its preliminary validation through Artificial Intelligence (AI). Since educational proposals require prior review before implementation, this research incorporates artificial intelligence as a complementary resource to preliminarily assess the coherence and relevance of the proposal, with the purpose of comparing its results with those obtained from expert judgment. The study arises from the need to address an environmental issue in the territory, related to the low coverage of waste collection services and the inadequate disposal of solid waste, particularly in rural areas of the municipality. In response to this reality, a contextualized educational proposal is presented to connect schools with local needs and to foster meaningful learning, environmental

awareness, and community participation among students. The design integrates knowledge from science, technology, engineering, and mathematics to promote the development of essential competencies for both school and higher education. Addressing the geographical access constraints typical of rural settings, the research innovatively incorporates AI as a technological resource running concurrently and parallel to human expert judgment; this allows auditing the coherence and relevance of the construct prior to classroom implementation, thereby safeguarding ethical viability and the academic time of the student community. The expected outcome is to provide a relevant educational model that contributes to comprehensive education and to the strengthening of responsible practices in solid waste management.

Key words: Project-Based Learning, STEM Education, Waste Management, Artificial Intelligence.

Introducción

En la actualidad, la humanidad enfrenta una de las problemáticas ambientales más importantes y complejas de las últimas décadas: el cambio climático y la degradación progresiva de los ecosistemas. Esta situación no se limita únicamente al aumento de la temperatura global, sino que involucra múltiples alteraciones ambientales relacionadas con contaminación, pérdida de biodiversidad, deterioro de los recursos naturales y afectaciones sobre la calidad de vida de las personas. De acuerdo con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2021), el cambio climático es consecuencia de la acumulación excesiva de gases de efecto invernadero en la atmósfera, originada principalmente por actividades humanas inadecuadas. Esta acumulación ha generado modificaciones en las dinámicas naturales del planeta y ha contribuido al fenómeno conocido como calentamiento global.

El calentamiento global corresponde al incremento progresivo de la temperatura media de la Tierra debido a la alta concentración de gases como dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nítrico (N₂O) y vapor de agua. Según Power (2009), estos gases poseen la capacidad de absorber y reemitir radiación infrarroja, atrapando parte de la energía solar en la atmósfera y generando el efecto invernadero. Investigaciones meteorológicas citadas por Caballero, Lozano y Ortega (2007) evidenciaron que las alteraciones climáticas han aumentado progresivamente, lo que obliga a revisar cómo los

asentamientos humanos y sus dinámicas de consumo impactan directamente sobre los microclimas locales y las condiciones de salubridad de las comunidades periféricas.

Las consecuencias de este fenómeno inciden directamente en la vulnerabilidad social de las regiones, provocando sequías extremas, pérdida de biodiversidad y escasez de agua. Garreaud (2011) explica que las variaciones climáticas locales exacerban los problemas de saneamiento básico, afectando tanto a las comunidades humanas como a los ecosistemas. El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2021) señala que estos cambios ponen en riesgo la estabilidad ambiental y social de numerosos territorios, especialmente aquellos con limitaciones económicas y ambientales.

Existen además otras problemáticas estrechamente relacionadas con las actividades humanas, como la contaminación del aire, de fuentes hídricas y la deforestación. En contextos municipales, la quema no controlada de materiales combustibles y la dispersión de material particulado generan impactos negativos sobre los ecosistemas y la salud humana, especialmente enfermedades respiratorias (Ceballo, 2024). Por otra parte, la contaminación del agua se relaciona con vertimientos inadecuados, residuos sólidos, actividades mineras y aguas residuales domésticas que deterioran los ecosistemas acuáticos y afectan a las poblaciones que dependen de estas fuentes (Mir, 2024).

Dentro de estas problemáticas, la generación y manejo inadecuado de residuos sólidos representa uno de los factores que más contribuyen a la contaminación y degradación ambiental, con afectaciones directas sobre la biodiversidad, la calidad del suelo, las fuentes de agua y la salud pública. Vargas, Gutiérrez, Vélez, Gómez, Aguirre, Quintero y Franco (2021) sostienen que una de las principales causas de esta situación es la falta de conciencia ambiental y el desconocimiento de prácticas adecuadas de gestión. Esta situación demuestra la necesidad de fortalecer procesos educativos orientados a la sensibilización y formación ambiental de las comunidades.

Como respuesta a esta problemática, la educación ambiental ha adquirido gran importancia como estrategia orientada a promover conciencia crítica y comportamientos responsables frente al cuidado del ambiente. Smith (1997) plantea que busca proporcionar conocimientos sobre ecología, fomentar la investigación y fortalecer la participación comunitaria frente a los problemas ambientales. Asimismo,

Castillo (2010) señala que este tipo de educación contribuye al desarrollo de actitudes responsables y a la construcción de una visión sustentable que integra dimensiones ecológicas, sociales, económicas y culturales.

La educación ambiental cobra especial relevancia en contextos rurales, debido a la estrecha relación entre las comunidades y los recursos naturales. Martínez y Carballo (2013) destacan que la escuela rural posee un importante potencial transformador para fortalecer la conciencia ambiental y promover la preservación de los recursos naturales y subrayan que la educación ambiental en comunidades rurales debe aprovechar el entorno local como escenario de aprendizaje, permitiendo a los estudiantes identificar problemáticas presentes en su contexto, analizar causas y consecuencias, y proponer posibles soluciones.

En este sentido, el municipio de El Roble, Sucre, presenta problemáticas relacionadas con la gestión inadecuada de residuos sólidos, evidenciadas en prácticas como la disposición en espacios abiertos y la quema de basuras, situaciones generan impactos negativos sobre el ambiente y afectan la calidad de vida de la comunidad. Frente a esta realidad, surge la necesidad de fortalecer procesos educativos que permitan promover conciencia ambiental y participación estudiantil desde el contexto escolar.

Por esta razón, el presente proyecto se orienta al diseño de una propuesta educativa contextualizada basada en el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y el enfoque STEM, dirigida a estudiantes de grados décimo y undécimo de la Institución Educativa San Mateo del municipio de El Roble. El ABP constituye una metodología activa que permite a los estudiantes adquirir conocimientos mediante la resolución de problemas reales, el trabajo colaborativo y la investigación aplicada, posibilitando que analicen problemáticas ambientales de su entorno y construyan posibles alternativas de solución desde diferentes áreas del conocimiento.

La integración del enfoque STEM fortalece esta propuesta al articular competencias de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas en procesos interdisciplinarios. Según Polo y González (2022), las estrategias ABP-STEM favorecen el pensamiento crítico, la resolución de problemas, la creatividad y la

investigación escolar, permitiendo conectar los contenidos curriculares con situaciones reales del contexto. Este andamiaje interdisciplinar resulta indispensable en la ruralidad para evitar un activismo vacío en el aula, garantizando que el estudiante consolide un verdadero pensamiento científico e ingenieril frente a los residuos y no una ejecución puramente operativa.

Asimismo, la propuesta se encuentra alineada con las competencias y Derechos Básicos de Aprendizaje establecidos para educación media en las áreas Matemáticas y Ciencias Naturales (Ministerio de Educación Nacional, 2016) y las orientaciones curriculares de Tecnología e Informática. (Ministerio de Educación Nacional, 2022) Estas orientaciones curriculares promueven capacidades relacionadas con el análisis de problemáticas ambientales, el uso de herramientas tecnológicas, el manejo e interpretación de datos, el diseño de soluciones sostenibles y el desarrollo de investigaciones escolares orientadas al contexto.

Finalmente, es importante señalar que, aunque el presente proyecto contempla únicamente el diseño de la propuesta pedagógica, se incorpora un proceso de evaluación preliminar con el propósito de fortalecer su pertinencia y viabilidad antes de una posible implementación. Esta evaluación se desarrolla mediante un sistema híbrido de convergencia paralela que confronta el juicio experto humano situado en el territorio con la auditoría técnica de herramientas de Inteligencia Artificial generativa profunda. Este cruce metodológico permite optimizar la revisión curricular y blindar éticamente la propuesta antes de intervenir en la población escolar, mitigando de forma eficiente el aislamiento geográfico y la limitada disponibilidad de especialistas pedagógicos en las zonas rurales.

Justificación

La gestión de residuos en el municipio de El Roble, Sucre, es una problemática ambiental que puede ser mejorada desde el contexto escolar. De acuerdo con la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (2021), el municipio reporta aproximadamente 379 toneladas de residuos al año. Sin embargo, esta cifra resulta baja, considerando que una persona genera en promedio 1 kilogramo de residuos diarios (Parlamento Latinoamericano y Caribeño, 2021). Con una población ajustada por

omisión de 9.944 habitantes (DANE, 2018) y una proyección de 10.437 habitantes para 2024 (TerriData, 2024), se esperaría una generación anual de entre 3.629,7 y 3.809,5 toneladas. Esta diferencia evidencia que gran parte de los residuos no están siendo recolectados ni dispuestos adecuadamente.

Esta situación se relaciona directamente con las limitaciones en el servicio de aseo municipal. El DANE (2018) reportó una cobertura del servicio de recolección de basuras de apenas el 5,1%. Asimismo, el Plan de Gestión Ambiental Municipal de El Roble señala que en las zonas rurales del municipio no existe cobertura del servicio, lo que obliga a la población a recurrir a prácticas inadecuadas como la quema de basuras y los vertederos a cielo abierto (Alcaldía Municipal de El Roble, 2018) (Ver Anexo A y Anexo B).

Frente a esto, surge la necesidad de abordar la problemática desde el ámbito educativo, donde los estudiantes pueden convertirse en comunicadores e impulsores de prácticas responsables. Diversos estudios señalan que la implementación del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y el enfoque STEM mejora la conciencia ambiental y la participación estudiantil al conectarlos con situaciones reales de su entorno (Pertiwi, Oetomo y Sugiharto, 2024; Carlina y Djukri, 2018). La integración ABP-STEM permite articular conocimientos científicos, tecnológicos, ingenieriles y matemáticos mediante proyectos significativos, contribuyendo al desarrollo de competencias del siglo XXI como el pensamiento crítico, la resolución de problemas, el trabajo colaborativo, la autonomía y una actitud comprometida ante los desafíos ambientales.

En este sentido, el objetivo es diseñar una propuesta educativa ABP-STEM contextualizada para la gestión de residuos en El Roble, orientada a fortalecer la conciencia ambiental, la participación estudiantil y las habilidades del siglo XXI relevantes para la formación académica actual. Para ello, es pertinente realizar una validación preliminar de la propuesta mediante herramientas basadas en inteligencia artificial y rúbricas evaluativas. Muñoz-Collazos y González-Serrano (2025) consideran que apoyar la evaluación con IA favorece un análisis coherente y organizado, mitigando sesgos subjetivos por parte de evaluadores humanos. En un contexto rural como el de El Roble, donde el acceso a procesos de validación pedagógica tradicional es limitado por el aislamiento geográfico y las barreras de conectividad,

esta evaluación preliminar permite identificar fortalezas y áreas de mejora antes de su implementación, complementando el criterio de expertos y docentes. De este modo, esta evaluación previa garantiza que la propuesta sea adecuada y pertinente antes de aplicarla con los estudiantes de la Institución Educativa San Mateo, protegiendo así su tiempo de aprendizaje y asegurando una intervención educativa responsable.

Preliminares: Delimitación del marco de trabajo para el abordaje de la realidad

Diagnóstico de la realidad

Identificación

La presente investigación se desarrolla en el contexto del municipio de El Roble, especialmente enfocada en la Institución Educativa San Mateo, ubicada en un contexto rural donde se evidencian problemáticas asociadas con la gestión inadecuada de residuos. Esta realidad se manifiesta en prácticas como la quema de basuras y la disposición de residuos en espacios abiertos, situaciones que generan impactos negativos sobre el ambiente, la salud y la calidad de vida de la comunidad.

La problemática se relaciona con las limitaciones del servicio público de aseo en el municipio. De acuerdo con información reportada por el DANE en el censo de 2018, la cobertura del servicio de recolección de residuos en El Roble era de aproximadamente 5,1 %, mientras que el Plan de Gestión Ambiental Municipal (2018) señala que en las zonas rurales no existe cobertura permanente del servicio, lo que obliga a gran parte de la población a recurrir a prácticas inadecuadas para la disposición de residuos. Asimismo, esto se traduce en que el municipio reporta una recolección de apenas 379 toneladas anuales frente a una generación estimada de aproximadamente 3.449 toneladas por año, lo cual evidencia que una parte importante de los residuos generados no está siendo gestionada adecuadamente.

En este contexto, el objeto de estudio corresponde al diseño de una propuesta educativa basada en el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y el enfoque STEM para abordar la problemática de gestión de residuos sólidos desde el entorno escolar. La investigación se enfoca particularmente en estudiantes de educación media de la Institución Educativa San Mateo, considerando la escuela como un espacio estratégico para promover procesos de concientización ambiental y participación comunitaria.

El contexto temporal de ejecución de la investigación corresponde al periodo 2025-2026, durante el cual se desarrolla el diseño y validación preliminar de la propuesta pedagógica mediante el juicio de expertos y herramientas de Inteligencia Artificial. La indagación se realiza mediante la recolección y revisión de información, análisis del contexto socioambiental del municipio y estudio de referentes pedagógicos relacionados con ABP, educación STEM y educación ambiental. Además, se consideran las dinámicas reales de generación y manejo de residuos presentes en el municipio.

La intencionalidad u objetivo del proyecto consiste en diseñar una estrategia pedagógica contextualizada que permita vincular las necesidades ambientales del municipio con procesos de aprendizaje interdisciplinar, promoviendo en los estudiantes habilidades investigativas, trabajo colaborativo, pensamiento crítico y participación en la búsqueda de soluciones relacionadas con la gestión de residuos. El alcance de la investigación se centra en la elaboración y validación preliminar de la propuesta educativa, sin contemplar su implementación directa dentro de la institución educativa.

Descripción

Tal y como se había descrito en el apartado anterior, la problemática ambiental del municipio de El Roble está asociada principalmente a una mala gestión de los residuos domésticos y comerciales del municipio. Teniendo como principal causa de esta problemática la deficiencia en el servicio de recolección y transporte hasta rellenos sanitarios, problemática que se evidencia en los informes de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, quien reporta que el municipio solo dispone 379 toneladas de residuos en el año en los lugares autorizados (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2021), sin embargo, el municipio de acuerdo con su población en 2018 podría estar generando más de 3.449 toneladas anuales y para 2024 más de 3.800 toneladas anuales, considerando que una persona genera en promedio 1 kilogramo de residuos diarios.

La realidad descrita tiene implicaciones ambientales y sociales evidentes dentro del territorio. La acumulación de residuos y las prácticas de quema generan contaminación del suelo y del aire, además de afectar cuerpos de agua y espacios de uso comunitario. Estas situaciones también influyen en las

dinámicas escolares y comunitarias, debido a la limitada cultura de separación y aprovechamiento de residuos.

La población objeto de estudio corresponde a estudiantes de la Institución Educativa San Mateo del municipio de El Roble, quienes se encuentran inmersos en esta problemática ambiental desde su contexto familiar, escolar y comunitario. La investigación toma como muestra principalmente a los estudiantes de grados décimo y undécimo, considerando que en estos niveles se desarrollarían mejor las competencias relacionadas con las áreas STEM y procesos de investigación escolar, que fortalecerán su capacidad para participar en procesos de análisis, investigación y diseño de propuestas relacionadas con la gestión de residuos sólidos. Esta población seleccionada cuenta con las bases cognitivas requeridas para articular el pensamiento abstracto con las tecnologías emergentes contempladas en el diseño.

El contexto presenta características propias de una comunidad rural, entre ellas limitaciones en infraestructura y acceso a servicios públicos, así como la necesidad de fortalecer procesos de educación ambiental contextualizada que empoderen a la comunidad desde las aulas escolares.

Diagrama causa – efecto (Espina de pescado)



Nota: Elaboración propia a partir del diagnóstico socioambiental (2025).

Formulación

- *¿Cómo puede diseñarse y validarse preliminarmente una propuesta educativa basada en el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y el enfoque STEM para abordar la problemática de gestión de residuos en el municipio de El Roble?*
- *Hipótesis: Una propuesta educativa contextualizada que articula el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y el enfoque STEM permite fundamentar un modelo viable para la gestión de residuos sólidos en El Roble, cuya validez preliminar queda garantizada mediante la triangulación técnica de matrices analíticas humanas y herramientas de Inteligencia Artificial.*

Oportunidades de innovación / alternativas de solución

A partir de la investigación realizada sobre la problemática de gestión de residuos en el municipio de El Roble, se identificaron diferentes oportunidades de innovación orientadas a fortalecer la conciencia ambiental y mejorar las prácticas relacionadas con el manejo de residuos dentro del contexto escolar y comunitario. Estas alternativas fueron analizadas considerando tanto las particularidades del entorno como el potencial impacto que podrían tener en los estudiantes, en términos de motivación, aprendizaje y participación.

La primera alternativa identificada corresponde al diseño de una estrategia basada en gamificación ambiental, mediante el uso de mecánicas de juego orientadas a motivar comportamientos ambientalmente responsables y fortalecer conocimientos sobre gestión de residuos en el aula. Esta alternativa favorecería la motivación y el compromiso inicial de los estudiantes, al transformar procesos de aprendizaje en experiencias dinámicas e interactivas (Hamari, Koivisto y Sarsa, 2014). Sin embargo, diversos autores señalan que la gamificación tiende a generar motivación a corto plazo sin garantizar aprendizajes profundos ni duraderos frente a problemáticas complejas, dado que sus dinámicas están orientadas al logro de recompensas más que a la comprensión crítica de la realidad (Deterding, Dixon, Khaled y Nacke, 2011). De igual forma, esta alternativa no promueve de manera explícita procesos de investigación escolar, trabajo colaborativo ni vinculación con la comunidad, elementos fundamentales

para abordar la problemática ambiental desde una perspectiva integral y participativa en territorios rurales.

La segunda alternativa consiste en la implementación del modelo de aula invertida con enfoque ambiental, mediante el cual los estudiantes accederían de forma autónoma a contenidos relacionados con la gestión ambiental y el manejo de residuos, utilizando el tiempo en clase para resolver problemas, debatir soluciones y desarrollar actividades aplicadas. Este modelo favorece la autonomía del aprendizaje y el uso eficiente del tiempo escolar, promoviendo una participación más activa (Tourón y Santiago, 2015). No obstante, Bishop y Verleger (2013) señalan que el modelo aula invertida enfatiza el estudio autónomo en casa, lo que puede limitar su potencial colaborativo si no se complementa con actividades grupales en el aula, lo que limitaría el desarrollo de habilidades de trabajo colaborativo, comunicación y construcción colectiva de soluciones, competencias esenciales para promover la participación comunitaria frente a problemáticas ambientales. De igual forma, no contempla de manera explícita la articulación entre las problemáticas reales del territorio y el desarrollo de competencias investigativas e interdisciplinarias, elementos fundamentales para abordar la gestión de residuos desde una perspectiva integral.

La tercera alternativa corresponde al diseño de una propuesta educativa orientada en el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y el enfoque STEM, aplicados a la gestión de residuos sólidos desde una perspectiva contextualizada e interdisciplinaria. Esta alternativa propone que los estudiantes analicen problemáticas reales de su entorno relacionadas con la generación, separación y disposición de residuos, mediante procesos de investigación, análisis de datos, trabajo colaborativo y diseño de soluciones. Según Thomas (2000), el ABP es una metodología que permite a los estudiantes adquirir conocimientos profundos mediante la exploración activa de problemas complejos del mundo real, favoreciendo aprendizajes significativos y duraderos. Asimismo, permite integrar conocimientos de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, fortaleciendo competencias académicas y habilidades del siglo XXI, tales como el pensamiento crítico, la resolución de problemas, la comunicación y la participación comunitaria (Polo y González, 2022).

De igual forma, esta alternativa favorece una relación directa entre la escuela y las necesidades del territorio, permitiendo que los estudiantes comprendan la problemática ambiental desde su contexto cotidiano y participen activamente en la construcción de posibles soluciones (Capraro y Slough, 2013). Además, supera las limitaciones identificadas en las alternativas anteriores, dado que puede desarrollarse íntegramente dentro del entorno escolar sin depender de conectividad externa ni del estudio autónomo en el hogar, aspectos que representan restricciones reales en contextos rurales como el municipio de El Roble. Finalmente, el enfoque ABP-STEM facilita la articulación entre la educación ambiental y los contenidos curriculares de los grados décimo y undécimo, promoviendo aprendizajes significativos, contextualizados y pertinentes para el territorio.

Luego del análisis de las alternativas identificadas, se seleccionó como opción principal el diseño de una propuesta educativa basada en ABP y STEM para abordar la problemática de gestión de residuos en la I. E. San Mateo del municipio de El Roble. Esta selección se realizó considerando diferentes criterios que viabilizan la propuesta.

En primer lugar, se tuvo en cuenta la pertinencia contextual, debido a que responde directamente a las problemáticas ambientales identificadas en el diagnóstico realizado en el municipio, especialmente aquellas relacionadas con la baja cobertura del servicio de recolección de residuos y las prácticas inadecuadas de disposición de basuras.

En segundo lugar, se consideró la viabilidad pedagógica, ya que el enfoque ABP-STEM permite integrar contenidos curriculares existentes dentro de las áreas relacionadas con ciencias naturales, matemáticas y tecnología, facilitando su incorporación en el contexto escolar sin requerir transformaciones estructurales complejas. Como tercer criterio, se valoró la viabilidad metodológica, debido a que el ABP favorece procesos de investigación escolar, participación activa y aprendizaje significativo, elementos fundamentales para promover procesos de concientización ambiental en estudiantes de educación media.

Asimismo, se consideró la viabilidad social y comunitaria, puesto que la propuesta involucra problemáticas reales del entorno y promueve la participación de estudiantes y comunidad en la

identificación y análisis de problemáticas ambientales presentes en el municipio, aprovechando el entorno local como escenario de aprendizaje. Finalmente, se tuvo en cuenta la viabilidad técnica y operativa de la propuesta, dado que su diseño puede desarrollarse utilizando recursos educativos accesibles dentro del contexto institucional y herramientas digitales básicas para el registro, análisis y socialización de información, sin depender de infraestructura tecnológica compleja y fortaleciendo su consistencia interna a través de una validación preliminar algorítmica.

En consecuencia, la propuesta ABP-STEM se establece como la alternativa más pertinente e innovadora para atender la problemática de gestión de residuos sólidos en el municipio de El Roble, debido a su capacidad para integrar educación ambiental, investigación escolar y desarrollo de competencias interdisciplinarias mediante procesos participativos que resguardan la rigurosidad pedagógica exigida por el entorno rural.

Propósito y objetivos

Propósito

El propósito de este proyecto es diseñar una propuesta educativa contextualizada para abordar la problemática de gestión de residuos en el municipio de El Roble, Sucre, mediante la articulación metodológica del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y el enfoque STEM, para posteriormente ser evaluada preliminarmente a través de herramientas de Inteligencia Artificial generativa y procesos de evaluación humana especializada.

Objetivo general

Diseñar y validar preliminarmente una propuesta educativa basada en el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y el enfoque STEM, orientada a la gestión de residuos sólidos en el municipio de El Roble (Sucre), empleando un sistema híbrido de inteligencia artificial y juicio experto.

Objetivos específicos

- Caracterizar la problemática socioambiental y el marco normativo relacionado con la gestión de residuos sólidos en el municipio de El Roble (Sucre), mediante un análisis situacional y

documental, con el fin de establecer una base diagnóstica y contextual que oriente el diseño de la propuesta pedagógica.

- Establecer los criterios didácticos y pedagógicos que fundamentan la articulación del ABP, el enfoque STEM y la educación ambiental, requeridos para la estructuración de la propuesta.
- Desarrollar la propuesta educativa bajo la metodología ABP-STEM, integrando las necesidades diagnosticadas en el territorio con las mallas curriculares y referentes de calidad del contexto escolar rural.
- Contrastar la pertinencia, coherencia y viabilidad de la propuesta diseñada mediante un proceso de validación preliminar convergente, comparando las evaluaciones generadas por herramientas de Inteligencia Artificial con el juicio de expertos humanos.

Matriz de medición de impacto educativo y social

Dado que el presente proyecto contempla únicamente el diseño y validación preliminar de la propuesta educativa, sin incluir su implementación directa, la siguiente matriz presenta los indicadores y medios de verificación en función de los productos académicos generados y los procesos de validación realizados, y no en términos de resultados observables en los estudiantes.

Objetivos específicos	Contexto de impacto	Indicadores de cumplimiento e impacto	Medios de verificación
Caracterizar la problemática socioambiental y el marco normativo relacionado con la gestión de residuos sólidos en el municipio de El Roble (Sucre), mediante un análisis situacional y documental, con el fin de establecer una base diagnóstica y contextual que oriente el diseño de la propuesta pedagógica.	Comprensión del contexto socioambiental y normativo del municipio de El Roble, Sucre.	Diagnóstico situacional elaborado con datos concretos sobre cobertura del servicio de recolección, prácticas inadecuadas de disposición de residuos y marco normativo municipal.	Sección de justificación, identificación y descripción de la realidad desarrollada en el proyecto. Diagrama de causa-efecto (espina de pescado) construido a partir del análisis del contexto.
Establecer los criterios didácticos y pedagógicos que fundamentan la articulación del ABP, el enfoque STEM y	Marco teórico y conceptual de la investigación.	Criterios didácticos y pedagógicos definidos y sustentados en referentes teóricos	Marco teórico del proyecto, que incluye los referentes sobre ABP, STEM,

la educación ambiental, requeridos para la estructuración de la propuesta.		sobre ABP, STEM, educación ambiental, gestión de residuos y educación rural pertinentes para el contexto.	educación ambiental y gestión de residuos, educación rural y validación de propuestas educativas.
Desarrollar la propuesta educativa bajo la metodología ABP-STEM, integrando las necesidades diagnosticadas en el territorio con las mallas curriculares y referentes de calidad del contexto escolar rural.	Población objetivo: Institución Educativa San Mateo, municipio de El Roble. Estudiantes de grados décimo y undécimo.	Propuesta educativa diseñada con unidades didácticas secuenciadas, coherente con el diagnóstico territorial y articulada con los referentes curriculares del Ministerio de Educación Nacional.	Documento de diseño de la propuesta educativa ABP-STEM, que las etapas metodológicas, actividades, roles, evidencias y rúbricas de evaluación por etapa.
Contrastar la pertinencia, coherencia y viabilidad de la propuesta diseñada mediante un proceso de validación preliminar convergente, comparando las evaluaciones generadas por herramientas de Inteligencia Artificial con el juicio de expertos humanos.	Proceso de validación preliminar de la propuesta pedagógica.	Obtención de valoraciones favorables en pertinencia, coherencia y viabilidad por parte de tres modelos de Inteligencia Artificial Generativa y dos pares evaluadores expertos.	Documento matriz de convergencia que contiene las tablas de resultados de las IA evaluadoras: Google Gemini, ChatGPT y Microsoft Copilot, así como las valoraciones técnico- pedagógicas de los expertos disciplinares: Héctor García y David Álvarez, con sus respectivos comentarios y recomendaciones.

Marco de referencia

Marco contextual

La Institución Educativa San Mateo, ubicada en el municipio de El Roble, Sucre, se encuentra en un contexto rural donde las actividades agropecuarias constituyen una parte importante de la dinámica económica y social de la comunidad. En este entorno se identifican problemáticas relacionadas con el manejo inadecuado de los residuos sólidos, las cuales pueden generar afectaciones sobre el ambiente y la calidad de vida de la población (Alcaldía Municipal de El Roble, 2018). Esta situación evidencia la necesidad de fortalecer los procesos de educación ambiental desde el ámbito escolar, promoviendo en los

estudiantes una mayor comprensión de las problemáticas de su contexto y de las posibles alternativas para abordarlas. En respuesta a esta necesidad, la presente investigación se orienta al diseño de una propuesta educativa basada en la integración del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y el enfoque STEM, dirigida a estudiantes de secundaria de la Institución Educativa San Mateo. La propuesta busca abordar la gestión de residuos desde una perspectiva contextualizada e interdisciplinaria, favoreciendo la articulación de conocimientos científicos, tecnológicos, matemáticos y de ingeniería con situaciones reales del entorno rural.

Revisión de estado del arte

La problemática de la gestión inadecuada de residuos en comunidades rurales de Colombia es uno de los desafíos ambientales más importantes, especialmente en municipios con recursos limitados como El Roble, Sucre. Abordar esta situación desde la educación requiere de enfoques pedagógicos que sean pertinentes al contexto, que motiven a los estudiantes a la acción y que integren conocimientos de distintas disciplinas. En este sentido, esta propuesta educativa articula el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y el enfoque STEM como pilares de la propuesta, con una validación preliminar apoyada en inteligencia artificial (IA) y juicio experto.

La revisión de la literatura realizada permite identificar que no existe abundante producción académica que combine de manera simultánea todos estos componentes (ABP, STEM, gestión de residuos y contexto rural) en un solo estudio. Sin embargo, existe una cantidad creciente de investigaciones que abordan cada uno de estos elementos por separado o en combinaciones parciales, lo cual evidencia su relevancia y el potencial que tiene articularlos en una misma propuesta educativa. A continuación, se presentan los antecedentes organizados en cuatro bloques temáticos: ABP-STEM y educación ambiental; educación STEM en contextos rurales; gestión de residuos en instituciones educativas colombianas; y validación de propuestas educativas con y sin IA.

1. ABP-STEM y educación ambiental

El estudio de Pertiwi et al (2024) comparó el modelo de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) convencional con el modelo STEM-ABP en estudiantes de grado décimo de una institución pública en Surakarta, Indonesia. La variable de estudio fue la alfabetización ambiental, entendida como el conjunto de conocimientos, habilidades cognitivas, actitudes y comportamientos frente a problemas del medio ambiente. Los resultados mostraron que el grupo que trabajó con STEM-ABP tuvo un incremento del 16,94% en su alfabetización ambiental, frente al 10,16% del grupo que solo usó ABP convencional, siendo esta diferencia estadísticamente significativa. Este antecedente resulta clave para la presente propuesta porque proporciona evidencia de que la combinación STEM-ABP es superior al ABP solo cuando el objetivo es el desarrollo de competencias ambientales en estudiantes de educación secundaria. Fundamenta la elección metodológica del proyecto y permite proyectar los resultados esperados en los estudiantes de El Roble.

Asimismo, el estudio de Funa y Gabay (2025), de diseño cuantitativo descriptivo aplicó módulos integrados de STEM, ABP y Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS) con 38 estudiantes de grado 11 de Filipinas. Se midió el cambio en conocimientos, actitudes y comportamientos relacionados con el desarrollo sostenible antes y después de la intervención. Los resultados mostraron mejoras significativas en los tres componentes: mayor comprensión sobre sostenibilidad, actitudes más positivas hacia sus dimensiones ambiental y socioeconómica, y mayor disposición para actuar en favor de prácticas sostenibles. Este antecedente es útil para este proyecto porque demuestra que un enfoque que integra STEM, ABP y sostenibilidad puede transformar no solo el conocimiento, sino también las actitudes y los comportamientos de los estudiantes frente a los problemas ambientales. Esto es precisamente lo que busca la propuesta educativa en El Roble: que los estudiantes no solo aprendan sobre la gestión de residuos, sino que cambien su relación con esa problemática.

La investigación cuasi-experimental realizada por Winarni, Karpudewan, Karyadi y Gumono (2022) en escuelas primarias de Bengkulu, Indonesia, integró el modelo ABP-STEM con 50 estudiantes divididos en grupos experimental y control. Los resultados mostraron que la combinación de ABP y

STEM afectó de manera significativa tanto la alfabetización científica como las actitudes ambientales en tres indicadores evaluados. El proyecto de diorama desarrollado permitió a los estudiantes investigar sobre la conservación del medio ambiente integrando ciencia y tecnología de manera práctica. Aunque este estudio se realizó en primaria (a diferencia de la propuesta de este trabajo de grado) sus hallazgos son relevantes porque demuestran que la integración ABP-STEM tiene efectos positivos sobre las actitudes ambientales desde etapas tempranas, lo que sugiere que estos resultados se potencian en estudiantes de mayor edad con mayor capacidad de reflexión crítica. Se utiliza como antecedente, aclarando la diferencia de nivel educativo.

Setyowati, Kaniawati, Sriyati, Nurlaelah y Hernani (2022), en su estudio de investigación y desarrollo (I+D) utilizó el modelo de cuatro fases (4D) para crear materiales de enseñanza de ciencias basados en el modelo ABP-STEM con un enfoque de Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS), aplicados al tema de contaminación ambiental en estudiantes de séptimo grado. Los resultados de validación por expertos mostraron que el instrumento de evaluación de pensamiento crítico obtuvo un 85% de pertinencia y el de conciencia de sostenibilidad un 97%, ambos en categoría "muy factible". Es el antecedente más cercano a la presente propuesta en términos de enfoque: diseño de materiales educativos ABP-STEM sobre contaminación ambiental, sin necesariamente llegar a su aplicación completa. Su metodología de desarrollo y validación por expertos es un referente directo para el proceso de diseño de la propuesta educativa sobre gestión de residuos en El Roble.

Por su parte, López y Palacios (2024) realizaron un estudio de diseño mixto con pretest-posttest que evaluó los efectos de una propuesta de ABP sobre la conciencia ambiental de estudiantes de educación secundaria en España. Los resultados mostraron un aumento estadísticamente significativo en el nivel de conciencia ambiental del grupo participante tras la aplicación del proyecto. El estudio parte de una intervención anterior de los mismos autores publicada en 2020, consolidando una línea de investigación sobre ABP y educación ambiental en secundaria. Este antecedente es directamente comparable con la presente propuesta en cuanto al nivel educativo y la metodología ABP orientada a problemáticas ambientales. Su diferencia principal radica en que no integra el enfoque STEM de manera

explícita y se desarrolla en un contexto urbano europeo, alejado de la realidad rural de El Roble. Esa diferencia es precisamente lo que justifica la necesidad de esta propuesta: existe evidencia del funcionamiento del ABP ambiental en secundaria, pero no con énfasis STEM en contextos rurales latinoamericanos.

Por otro lado, Bascopé y Reiss (2021) analizó la implementación de proyectos STEM en ocho escuelas del sur de Chile (algunas con comunidades indígenas Mapuche) con niños de 4 a 10 años. El objetivo fue comprender cómo estos proyectos afectan las actitudes de estudiantes y docentes, y generan capacidades comunitarias para enfrentar desafíos socioecológicos locales. Los resultados evidenciaron cambios actitudinales significativos tanto en estudiantes como en docentes, y nuevos vínculos con actores locales que generalmente quedan fuera de las experiencias educativas. Aunque el estudio se realizó con estudiantes de primaria, su relevancia para este proyecto es alta por el contexto latinoamericano rural y la articulación entre proyectos STEM, sostenibilidad y saberes comunitarios locales, que es similar al enfoque territorial que busca la propuesta en El Roble. Se utiliza como respaldo a la pertinencia del enfoque ABP-STEM en comunidades rurales.

2. Educación STEM en contextos rurales

Gavari-Starkie, Espinosa-Gutiérrez y Lucini-Baquero (2022) analizaron la importancia de la educación STEM y STEAM interdisciplinar para promover la sostenibilidad y el desarrollo sostenible en el mundo rural. Tomando como referencia programas de Estados Unidos y España, los autores argumentan que la educación STEM puede servir como un puente entre las comunidades rurales y sus territorios, contribuyendo a frenar la despoblación y promoviendo el desarrollo sostenible local. Si bien no utiliza el ABP como metodología central, plantea el valor estratégico del STEM contextualizado como herramienta de transformación territorial. Este antecedente aporta un argumento teórico importante para justificar por qué la educación STEM es especialmente pertinente en contextos rurales como El Roble. Respalda la decisión de diseñar la propuesta a partir de un problema real de la comunidad, como es la gestión de residuos.

El reporte de National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2025), analizó el estado de la educación STEM en zonas rurales de Estados Unidos e identificó brechas significativas en el acceso a experiencias de calidad. Entre sus hallazgos más relevantes se destaca que las experiencias de aprendizaje STEM que conectan con el conocimiento local y la cultura de los estudiantes son componentes especialmente productivos en entornos rurales, y que el aprendizaje situado y la adaptación de materiales a la realidad local resultan estrategias efectivas para cerrar brechas educativas. Aunque el reporte está centrado en el contexto estadounidense, sus conclusiones son pertinentes para este proyecto porque señalan que las comunidades rurales tienen características únicas que pueden ser aprovechadas pedagógicamente y que la falta de recursos no debe ser un obstáculo para acceder a educación STEM de calidad.

3. Gestión de residuos en instituciones educativas

La investigación de Paternina y Perdomo (2024), realizada en una institución educativa rural del corregimiento Palmira, municipio de Tierralta, Córdoba, Colombia, diseñó e implementó una guía educativa para optimizar el manejo de residuos sólidos. La metodología incluyó encuestas a 253 estudiantes de todos los niveles, análisis de hábitos y comportamientos, y un modelo de Machine Learning para predecir tendencias en la generación de desechos. Los resultados destacaron la necesidad de estrategias basadas en educación ambiental y economía circular, y la importancia de involucrar a la comunidad educativa en la gestión de los residuos. Este es el antecedente más cercano geográfica y temáticamente a la presente propuesta: es colombiano, fue desarrollado en una institución educativa rural de la región Caribe y aborda explícitamente la gestión de residuos como problema educativo. Representa un punto de referencia regional directo que evidencia la pertinencia de intervenciones pedagógicas sobre esta problemática en contextos similares al de El Roble.

Dentro del trabajo de Polo y Gonzales (2022) se diseñó una propuesta pedagógica basada en ABP para fortalecer la educación ambiental en aprendices del SENA de la Regional Atlántico. La propuesta incluyó once sesiones donde los participantes identificaban problemáticas ambientales locales (entre ellas la disposición inadecuada de residuos) y diseñaban actividades para concientizar a sus compañeros. Los

autores encontraron que el ABP favorece el compromiso de los estudiantes con su entorno y promueve aprendizajes significativos vinculados a la realidad local. Este antecedente nacional es relevante porque demuestra que el ABP ha sido utilizado con resultados positivos en el contexto colombiano para abordar problemas ambientales reales, incluyendo la gestión de residuos. Su enfoque territorial y su origen en la región Caribe colombiana lo acercan al contexto de El Roble.

El estudio colombiano de Gómez, Peralta y Oyaga (2023) revisó las estrategias pedagógicas implementadas por instituciones educativas para abordar la gestión integral de residuos sólidos. Los autores encontraron que las instituciones han identificado diversas estrategias con compromiso ambiental, pero que estas estrategias son articulables a los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos solo si se profundiza en su enfoque curricular e interdisciplinar para lograr un impacto real en el territorio. Este antecedente aporta una mirada crítica sobre el estado actual de las estrategias pedagógicas en Colombia para la gestión de residuos: existen esfuerzos, pero son insuficientes sin un enfoque interdisciplinar sólido. Esto refuerza la necesidad de una propuesta que, como la que aquí se presenta, integre el ABP y el STEM para superar esa limitación.

A través de una revisión de literatura, Sánchez, Zuñiga Hinestroza y García-Noguera (2025) analizaron publicaciones entre 2020 y 2024 centradas en estrategias pedagógicas para el manejo de residuos sólidos inorgánicos en instituciones educativas colombianas. Los resultados indicaron que, aunque se reconoce que el reciclaje educativo ayuda a formar competencias ambientales, la evidencia disponible es limitada porque la mayoría de los estudios se basan en lo que los estudiantes dicen de sí mismos y no hacen un seguimiento a largo plazo para comprobar si esos aprendizajes se sostienen en el tiempo. Este antecedente confirma que la gestión de residuos como tema pedagógico ha ganado atención en Colombia, pero también evidencia los vacíos que persisten en la forma de abordarla. La brecha identificada (falta de metodologías más estructuradas y de enfoques que vayan más allá del reciclaje básicos) refuerza la pertinencia de una propuesta basada en ABP-STEM que permita un abordaje más integral y contextualizado de la problemática.

4. Validación de propuestas educativas

En el estudio de Zamora-de-Ortiz, Serrano-Pastor y Martínez-Segura (2020), se validó el contenido de un modelo de enseñanza mediante juicio de expertos, aplicando un proceso sistemático de evaluación con criterios como pertinencia, claridad y coherencia. Los autores demostraron que el juicio de expertos es un procedimiento riguroso y confiable para establecer la validez de contenido de propuestas educativas antes de su aplicación en el campo. Este antecedente respalda el proceso de validación que se implementará en la presente propuesta, tanto la validación preliminar con IA como la posterior validación con expertos humanos. Proporciona criterios y procedimientos estandarizados que orientan cómo debe llevarse a cabo una validación de contenido rigurosa en el contexto de propuestas educativas.

Este estudio, presentado por He-Yueya, Goodman y Brunskill (2024), propuso usar grandes modelos de lenguaje (LLMs, Large Language Models) como evaluadores de contenido educativo para medir el impacto de materiales instruccionales en el aprendizaje. Usando GPT-3.5, los investigadores encontraron que los LLMs pueden replicar y confirmar hallazgos de la investigación tradicional y que tienen potencial como evaluadores confiables de contenido cuando se usan de manera adecuada y supervisada. Este antecedente es uno de los más directamente relacionados con el enfoque metodológico de esta propuesta: el uso de IA como validador preliminar de materiales educativos. Proporciona evidencia de que esta práctica es científicamente viable y ya ha sido explorada por investigadores de instituciones como Stanford, lo que legitima su uso en este trabajo como complemento a la validación humana.

Finalmente, Yetisensoy (2025) evaluó la validez del contenido generado por modelos de inteligencia artificial generativa en el contexto de la educación en ciencias sociales. Los resultados revelaron que, si bien algunos contenidos producidos por IA son suficientemente precisos, otros presentan sesgos algorítmicos, información engañosa y alucinaciones. El autor concluye que es esencial que los educadores desarrollen una perspectiva crítica frente al contenido generado por IA y que lo utilicen solo tras una evaluación rigurosa por parte de expertos humanos. Este antecedente es fundamental para justificar por qué la validación con IA en esta propuesta se presenta como "preliminar" y no como sustituto del juicio experto humano. Sus hallazgos sobre las limitaciones de los modelos generativos

respaldan el diseño metodológico del trabajo: la IA sirve como primer filtro de evaluación, especialmente en contextos donde el acceso a evaluadores especializados en el tema es difícil, pero la valoración definitiva de la propuesta se realiza con expertos humanos.

Síntesis de la indagación

La revisión realizada permite identificar un panorama claro: existe evidencia sólida de que el ABP mejora la conciencia y las actitudes ambientales de los estudiantes, que la integración STEM potencia esos resultados de manera significativa. y que el diseño de materiales educativos bajo este enfoque ha demostrado ser factible y válido. Al mismo tiempo, los antecedentes nacionales y regionales confirman que la gestión de residuos en instituciones educativas colombianas es una problemática real y vigente que requiere estrategias pedagógicas más estructuradas e interdisciplinarias.

Sin embargo, no se encontraron estudios que combinen de forma simultánea el ABP, el enfoque STEM y la problemática de la gestión de residuos en un contexto rural latinoamericano, y menos aún con un proceso de validación preliminar mediante IA. Esta brecha es la que justifica y da sentido al presente diseño de propuesta educativa. En cuanto a la validación, la literatura más reciente sobre el uso de LLMs (Large Language Models, Modelos de Lenguaje Grandes) como evaluadores de contenido educativo abre la posibilidad de usar la IA como herramienta de apoyo metodológico, siempre que sea complementada con la supervisión de expertos humanos, lo cual es exactamente el diseño que se plantea en este trabajo. En conjunto, los antecedentes revisados muestran que los componentes de esta propuesta tienen respaldo individual en la literatura y que su articulación en un solo proyecto (ABP-STEM orientado a la gestión de residuos, contextualizado en la ruralidad de El Roble y validado con un proceso mixto de IA y expertos) representa una contribución original al campo de la educación ambiental y STEM en Colombia.

Marco conceptual

Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP)

El Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) es una metodología activa de enseñanza en la que los estudiantes construyen conocimientos y desarrollan habilidades mediante la investigación y resolución de

problemas reales de su contexto. El ABP se caracteriza por partir de preguntas o problemáticas auténticas que conducen al diseño de productos o soluciones significativas, asimismo, esta metodología favorece aprendizajes contextualizados, el trabajo colaborativo y la participación activa del estudiante en su proceso formativo (Patton, 2012; Larmer y Mergendoller, 2010).

Enfoque STEM

El enfoque STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) se define como una propuesta educativa interdisciplinaria que integra ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas para abordar problemas del mundo real. Gavari-Starkie, Espinosa-Gutiérrez y Lucini-Baquero (2022) explican que STEM busca transformar la enseñanza tradicional de las disciplinas, promoviendo la articulación de saberes y la resolución de problemáticas contextualizadas. Además, Bascopé y Reiss (2021) destacan que este enfoque favorece el desarrollo de competencias ciudadanas para enfrentar desafíos socioecológicos locales desde una mirada interdisciplinaria.

Integración ABP-STEM

La integración entre el ABP y el enfoque STEM combina metodologías activas con el trabajo interdisciplinario para resolver problemáticas reales del entorno. Diversos estudios evidencian que esta articulación favorece el desarrollo del pensamiento crítico, la creatividad y la alfabetización científica. Pertiwi et al. (2024) señalan que el STEM-ABP mejora significativamente la alfabetización ambiental de los estudiantes, mientras que Winarni et al. (2022) afirman que esta integración fortalece tanto la alfabetización científica como las actitudes ambientales mediante actividades contextualizadas y colaborativas.

Conciencia ambiental

La conciencia ambiental se entiende como el conjunto de conocimientos, actitudes y valores relacionados con el cuidado y protección del medio ambiente. Implica la capacidad de reconocer los problemas ambientales y actuar responsablemente frente a ellos. Ayerbe López y Perales Palacios (2020) sostienen que las metodologías basadas en proyectos contribuyen significativamente al fortalecimiento de

la conciencia ambiental, debido a que permiten a los estudiantes relacionar el aprendizaje escolar con problemáticas ambientales presentes en su entorno cotidiano.

Gestión de residuos

La gestión de residuos comprende las acciones orientadas a la separación, reducción, reutilización, reciclaje y disposición adecuada de los residuos generados por las actividades humanas. Desde el ámbito educativo, este tema constituye una oportunidad pedagógica para promover prácticas sostenibles y fortalecer la educación ambiental. Sánchez, Zúñiga Hinestroza y García-Noguera (2025) destacan que las estrategias educativas relacionadas con las 3R permiten desarrollar hábitos ambientales responsables y transformar las prácticas cotidianas frente al manejo de residuos.

Educación rural y pertinencia territorial

La educación rural hace referencia a los procesos educativos desarrollados en territorios rurales, los cuales deben responder a las características sociales, culturales y ambientales de cada contexto. El Ministerio de Educación Nacional (2022) plantea que la pertinencia territorial implica que la escuela se articule con las dinámicas y necesidades del entorno para generar aprendizajes significativos y contribuir al desarrollo local. Asimismo, Bascopé y Reiss (2021) señalan que las propuestas STEM contextualizadas permiten fortalecer la relación entre escuela, comunidad y territorio.

Validez de contenido

La validez de contenido corresponde al grado en que una propuesta, instrumento o estrategia representa adecuadamente los contenidos y objetivos que pretende evaluar o desarrollar. Escobar-Pérez y Cuervo-Martínez (2008) explican que este tipo de validez permite determinar la pertinencia, claridad y coherencia de los elementos que conforman una propuesta educativa. Además, Galicia Alarcón, Balderrama Trápaga y Edel Navarro (2017) afirman que la validez de contenido constituye un proceso fundamental para fortalecer la calidad metodológica antes de la implementación de una estrategia pedagógica.

Juicio de expertos

El juicio de expertos es una técnica utilizada para evaluar la calidad y pertinencia de instrumentos, propuestas o materiales educativos mediante la valoración de personas con experiencia en el área. Zamora-de-Ortiz, Serrano-Pastor y Martínez-Segura (2020) utilizaron este procedimiento para validar un modelo didáctico mediante criterios como claridad, coherencia, suficiencia y relevancia, según los autores el juicio de expertos constituye una técnica recomendada para validar modelos didácticos. De acuerdo con Escobar-Pérez y Cuervo-Martínez (2008), esta técnica permite identificar debilidades y realizar ajustes antes de la aplicación de una propuesta educativa.

Inteligencia Artificial

De acuerdo con Inicio, Capuñay, Estela, Valles, Vergara y Elera (2021), la inteligencia artificial (IA) se refiere a sistemas computacionales capaces de simular el comportamiento humano, procesar información, aprender a partir de los datos y ejecutar tareas orientadas al logro de objetivos específicos. En el campo educativo, los modelos de lenguaje han comenzado a utilizarse como herramientas de apoyo para procesos de evaluación y análisis de contenido. He-Yueya, Goodman y Brunskill (2024) encontraron que los modelos de lenguaje pueden generar evaluaciones cercanas al juicio humano en determinados criterios educativos. Sin embargo, Yetişensoy (2025) advierte que los resultados producidos por IA requieren supervisión humana y análisis crítico para garantizar su validez y pertinencia pedagógica.

Marco teórico

Las problemáticas ambientales actuales, especialmente aquellas relacionadas con situaciones locales como la gestión de residuos, plantean la necesidad de desarrollar propuestas educativas que promuevan aprendizajes contextualizados y orientados a la búsqueda de soluciones desde la escuela. La formación escolar, en este sentido, no solo debe transmitir conocimientos, sino también contribuir a la transformación de los estudiantes en sujetos más conscientes y comprometidos con su entorno, capaces de reconocer la importancia de los recursos naturales y de actuar de manera responsable frente a los desafíos socioambientales.

En respuesta a esta necesidad, el presente trabajo propone el diseño de una estrategia educativa basada en el enfoque ABP-STEM para abordar la problemática de gestión de residuos, la cual será validada preliminarmente con ayuda de la Inteligencia Artificial (IA). Esta propuesta busca integrar metodologías activas con enfoques interdisciplinarios, articulando la investigación, la resolución de problemas y la participación comunitaria. Por ello, resulta necesario sustentar teóricamente cada una de estas categorías y su relación, mostrando cómo convergen en un modelo educativo contextualizado para contextos rurales y orientado a la disposición adecuada de residuos y la conciencia ambiental.

El Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) se presenta como una metodología que rompe con la enseñanza tradicional centrada en la transmisión de contenidos, al situar al estudiante como protagonista de su proceso formativo. Diversos autores coinciden en que el ABP favorece aprendizajes significativos mediante la resolución de problemas reales, la investigación y la colaboración, generando productos que tienen sentido para los estudiantes porque se vinculan con su contexto inmediato (Patton, 2012; Larmer y Mergendoller, 2010; Markula y Aksela, 2022). Por su parte, el enfoque STEM integra ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas desde una perspectiva interdisciplinaria, orientada a la comprensión y acción frente a problemáticas complejas del mundo real. Este enfoque no se limita a la enseñanza de disciplinas aisladas, sino que promueve la articulación de saberes para analizar fenómenos desde múltiples dimensiones y construir soluciones, especialmente en escenarios rurales donde el territorio ofrece múltiples oportunidades pedagógicas (Gavari-Starkie et al., 2022; Bascopé y Reiss, 2021).

Por otro lado, la gestión de residuos sólidos se constituye en un campo de intervención pedagógica clave dentro de la educación ambiental y la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS). La literatura evidencia que problemáticas locales como la disposición inadecuada de residuos son escenarios concretos para el desarrollo de competencias ambientales, ya que permiten a los estudiantes conectar el conocimiento escolar con prácticas cotidianas y comunitarias, fortaleciendo su conciencia y alfabetización ambiental (UNESCO, 2026; Carlina & Djukri, 2018; López y Palacios, 2024). Finalmente, la educación rural representa un escenario prioritario para la pertinencia territorial de estas propuestas. La escuela rural, históricamente marcada por desigualdades en cobertura y calidad, requiere estrategias

pedagógicas que reconozcan la diversidad cultural y socioeconómica de los territorios. En este sentido, la literatura enfatiza que la educación rural debe conectarse con la comunidad y el entorno, generando aprendizajes que tengan sentido social y cultural, y que fortalezcan la identidad local y la sostenibilidad del territorio (MEN, 2022; Mercier, Sivitskis, Torbert y Vallier, 2025; National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2025).

En conjunto, la articulación entre ABP, STEM, educación ambiental y pertinencia rural permite comprender que las propuestas educativas deben ir más allá de la transmisión de contenidos, centrándose en experiencias de aprendizaje situadas donde el territorio, los saberes locales y las problemáticas comunitarias se conviertan en el eje estructurante del proceso educativo. De esta manera, la escuela rural puede consolidarse como un espacio de formación integral, capaz de contribuir al desarrollo sostenible, al fortalecimiento de la identidad local y a la transformación social de su entorno. Con base en lo anterior, se hace necesario profundizar en los principales referentes teóricos que sustentan la presente investigación, abordando aspectos relacionados con el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), el enfoque STEM, la gestión de residuos y la educación rural, así como los procesos de validación de propuestas educativas y el uso de la inteligencia artificial como herramienta de apoyo en la evaluación preliminar de este tipo de estrategias pedagógicas.

El Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) se ha consolidado como una metodología de enseñanza orientada al desarrollo de aprendizajes significativos mediante la participación activa de los estudiantes en la resolución de problemas presentes en su realidad. A diferencia de la enseñanza tradicional enfocada en la transmisión de contenido, el ABP pone al estudiante como protagonista de su proceso educativo, promoviendo comprensión de contenidos, la investigación, la colaboración y la construcción de saberes aplicables a contextos reales (Patton, 2012). Esta metodología se define como una estrategia que consiste en el desarrollo de proyectos que parten de preguntas o problemáticas existentes, que se basa en la investigación y resolución de problemas complejos del mundo real y culminan con la elaboración de productos o proyectos presentados públicamente. De este modo, se permite el desarrollo de conocimientos y habilidades clave; esta metodología favorece el aprendizaje significativo de los

estudiantes gracias a la creación de proyectos de trabajo que “tienen sentido” para los alumnos ya que se trata de problemáticas presentes en su contexto local, asimismo, el ABP propicia una enseñanza contextualizada, interdisciplinaria y conectada con la necesidad social y comunitaria (Patton, 2012; Larmer y Mergendoller, 2010).

Diversos autores coinciden en las diferentes características propias del Aprendizaje Basado en Proyectos. Helle, Tynjälä y Olkinuora (2006) explican que esta metodología se basa en integrar la teoría y la práctica mediante proyectos relacionados con situaciones reales, asimismo, describen que durante este proceso, los estudiantes dejan de ser receptores y se convierten en constructores de su conocimiento favoreciendo aprendizajes más profundos. De igual manera, Markula y Aksela (2022) señalan que el ABP se fundamenta mediante preguntas guía, trabajo colaborativo, autenticidad e investigación científica, los cuales son elementos que favorecen una mayor conexión entre los contenidos académicos y la realidad de los estudiantes. Estas características permiten comprender que el aprendizaje no ocurre únicamente a través de la recepción y memorización de la información, sino mediante experiencias donde el conocimiento es aplicado en contextos reales. En este sentido el rol del estudiante cambia significativamente, a diferencia de los modelos tradicionales, el ABP posiciona al alumno como protagonista de su proceso educativo, favoreciendo a que los estudiantes actúen como investigadores, diseñadores y solucionadores de problemas, ya que no se limitan a recibir información, sino que, buscan conocimientos en múltiples fuentes, toman decisiones, crean soluciones y trabajan colaborativamente; desarrollando habilidades como el pensamiento crítico, la creatividad, la resolución de problemas y el trabajo en equipo (Mioduser y Betzer, 2008). Por otro lado, varios autores mencionan la importancia del acompañamiento docente, quien actúa como mentor o facilitador del proceso, realizando revisiones y brindando retroalimentación durante todo el proceso (Patton, 2012; Helle et al, 2006; Miller y Krajcik, 2019).

Otro aspecto fundamental del Aprendizaje Basado en Proyectos es la capacidad de promover aprendizajes profundos. Miller y Krajcik (2019) afirman que el aprendizaje profundo ocurre cuando los estudiantes utilizan los conocimientos para explicar y resolver los fenómenos o problemas de su realidad,

lo que denominan “conocimiento en uso”. Esta postura coincide con lo planteado por Larmer y Mergendoller (2010), quienes señalan que los estudiantes desarrollan una mayor motivación cuando perciben la “necesidad de saber”, es decir, cuando comprenden el propósito y la utilidad de lo que está aprendiendo, permitiendo procesos educativos más relevantes y conectados con la realidad local. También, Helle et al. (2006) sostiene que el trabajo sobre situaciones reales favorece una formación más cercana a la vida cotidiana y profesional, permitiendo que los estudiantes comprendan la utilidad de los saberes escolares. No obstante, la implementación de esta metodología también implica ciertos desafíos. Algunos autores mencionan la necesidad de mayor planificación, organización del tiempo y acompañamiento docente para garantizar proyectos efectivos y coherentes curricularmente (Markula y Aksela, 2022; Miller y Krajcik, 2019), sin embargo, pese a estas dificultades, existe un amplio consenso respecto a su potencial para generar aprendizajes más activos, significativos y conectados con la realidad.

En síntesis, el ABP favorece procesos educativos activos y participativos, donde los estudiantes construyen conocimientos a partir de la investigación y la resolución de situaciones presentes en su contexto. Estas características permiten comprender su potencial para articularse con enfoques interdisciplinarios como STEM.

El enfoque STEM (acrónimo en inglés para Science, Technology, Engineering and Mathematics) se concibe como una propuesta educativa interdisciplinaria que integra las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas con el propósito de comprender y abordar problemáticas complejas del mundo real. Desde esta perspectiva, el aprendizaje no se organiza en disciplinas aisladas, sino que promueve la articulación de saberes para analizar fenómenos desde múltiples dimensiones y construir soluciones pertinentes con el contexto (Gavari-Starkie et al., 2022). Uno de los principios fundamentales del enfoque STEM es la interdisciplinariedad, entendida como la integración de diferentes áreas del conocimiento para la comprensión de problemas complejos. Además, Bascopé y Reiss (2021) señalan que los desafíos contemporáneos relacionados con el medio ambiente y la sostenibilidad no pueden resolverse desde una única disciplina, sino que requieren la integración de conocimientos científicos, tecnológicos y

matemáticos con otras formas de saber presentes en el territorio, incluyendo el conocimiento local y comunitario, para construir una comprensión más amplia y vinculada a la realidad.

En este sentido, STEM promueve una educación basada en la resolución de problemas reales, donde los estudiantes analizan situaciones del contexto y aplican conocimientos integrados para proponer soluciones. Este enfoque busca que el aprendizaje trascienda la memorización de contenidos y se oriente hacia la comprensión aplicada de fenómenos, fortaleciendo la capacidad de interpretación y acción frente a problemáticas sociales, ambientales y tecnológicas (Funa y Gabay, 2025). Asimismo, el enfoque STEM se relaciona estrechamente con el desarrollo del pensamiento crítico y la creatividad. La literatura evidencia que este tipo de educación permite que los estudiantes analicen situaciones complejas, evalúen alternativas y tomen decisiones fundamentadas. Además, la incorporación de procesos de diseño, modelación y experimentación favorece la generación de ideas innovadoras y el desarrollo de soluciones creativas ante diferentes desafíos (Khalil, Tairab, Qablan, Alarabi y Mansour, 2023).

Por otra parte, STEM contribuye significativamente a la alfabetización científica, entendida como la capacidad de comprender fenómenos científicos y tecnológicos para interpretar el entorno y actuar de manera informada. Este enfoque permite que los estudiantes desarrollen habilidades para analizar información, comprender procesos (Khalil et al., 2023) y tomar decisiones responsables frente a problemáticas contemporáneas (Gavari-Starkie et al., 2022). De igual forma, el enfoque STEM integra el uso de tecnologías como herramientas fundamentales para el aprendizaje. El uso de simulaciones, modelado digital, programación y herramientas tecnológicas permite representar fenómenos complejos, facilitando su comprensión y análisis. Esta integración tecnológica no solo apoya el aprendizaje conceptual, sino que también potencia habilidades digitales y de innovación en los estudiantes (Arango-Caro, Langewisch, Ying, Arellano, Ly, Branton y Callis-Duehl, 2025).

Finalmente, STEM también se vincula con la formación de habilidades del siglo XXI, tales como el trabajo colaborativo, la comunicación, la resolución de problemas y la toma de decisiones. Estas competencias son esenciales en contextos educativos contemporáneos, ya que permiten a los estudiantes desenvolverse en entornos cambiantes y altamente tecnológicos (Gavari-Starkie et al., 2022; Arango-Caro

et al., 2025). En síntesis, el enfoque STEM se fundamenta en la integración interdisciplinaria de las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas, orientado a la resolución de problemas reales, el desarrollo del pensamiento crítico y creativo, la alfabetización científica y el fortalecimiento de competencias clave para el siglo XXI. Uno de los campos donde la integración ABP-STEM cobra especial relevancia es la educación ambiental y la sostenibilidad, debido a que las problemáticas ambientales requieren comprensión científica y acciones contextualizadas.

La educación ambiental se comprende como un proceso formativo orientado al desarrollo de conocimientos, valores, actitudes y prácticas que permiten a los individuos relacionarse de manera responsable con su entorno, especialmente frente a problemáticas como la generación y gestión de residuos sólidos. En este sentido, su finalidad no se limita a la transmisión de información, sino que busca promover transformaciones en la forma en que las personas comprenden, valoran y actúan frente a los problemas ambientales, integrando dimensiones cognitivas, socioemocionales y conductuales. Desde la perspectiva de la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS), este enfoque se consolida como una estrategia educativa integral que busca formar ciudadanos capaces de tomar decisiones informadas y responsables frente a los desafíos ambientales, sociales y económicos. De acuerdo con la UNESCO (2026), la EDS permite desarrollar competencias que articulan el conocimiento con la acción, promoviendo no solo la comprensión de los problemas ambientales, sino también la adopción de comportamientos sostenibles. En este sentido, problemáticas locales como la gestión inadecuada de residuos se constituyen en escenarios concretos para el desarrollo de estas competencias.

En relación con lo anterior, la educación ambiental en contextos escolares ha demostrado ser un factor clave para el desarrollo de la conciencia ambiental, entendida como la capacidad de reconocer la importancia del entorno y asumir actitudes responsables frente a su cuidado. Diversos organismos y estudios han señalado que la integración de la educación para la sostenibilidad en el currículo escolar influye directamente en las actitudes y comportamientos de los estudiantes, fortaleciendo su responsabilidad ambiental y promoviendo prácticas sostenibles en su vida cotidiana. En este sentido, la escuela constituye un espacio fundamental para la formación ambiental y ciudadana, como lo destacan la

UNESCO (2026) y Palacios (2015). De manera complementaria, la alfabetización ambiental se entiende como el conjunto de conocimientos, habilidades y disposiciones necesarias para comprender y actuar frente a problemáticas ambientales complejas, especialmente aquellas relacionadas con la gestión de residuos sólidos. En este sentido, investigaciones como la de Carlina y Djukri (2018) demuestran que el aprendizaje basado en proyectos (ABP) integrado con el contexto local favorece el desarrollo de la alfabetización ambiental, al permitir que los estudiantes conecten los contenidos escolares con problemáticas reales de su entorno, fortaleciendo tanto su comprensión como su compromiso ambiental.

Asimismo, la implementación de metodologías activas como el ABP ha demostrado ser altamente efectiva en el fortalecimiento de la conciencia y la alfabetización ambiental. Estudios como el de López y Palacios (2024) evidencian que el ABP genera mejoras significativas en la conciencia ambiental de los estudiantes, al promover experiencias de aprendizaje basadas en la resolución de problemas reales del entorno. De manera similar, el trabajo de Pertiwi et al. (2024) demuestra que la integración del enfoque STEM con el ABP potencia aún más estos resultados, al favorecer el desarrollo de habilidades cognitivas, actitudinales y conductuales relacionadas con el ambiente, superando incluso los resultados de metodologías tradicionales.

En esta misma línea, la evidencia empírica muestra que el aprendizaje basado en proyectos no solo mejora la comprensión de los problemas ambientales, sino que también promueve cambios en las prácticas cotidianas de los estudiantes. Investigaciones como la de Ayerbe López y Perales Palacios (2020) confirman que la implementación de proyectos ambientales en el aula incrementa significativamente la conciencia ambiental, especialmente cuando estos se desarrollan a partir de problemáticas situadas. La efectividad de la educación ambiental depende en gran medida de su integración estructurada en el currículo escolar y de la incorporación de experiencias prácticas. Investigaciones como las de Ayerbe López y Perales Palacios (2020), López y Palacios (2024) y Pertiwi et al. (2024) muestran que metodologías basadas en proyectos ambientales vinculados al entorno local logran mejoras significativas en la conciencia y formación ambiental de los estudiantes.

Por otro lado, la educación ambiental aplicada a la gestión de residuos sólidos se ha consolidado como un campo de intervención pedagógica fundamental dentro de la escuela. De acuerdo con Palacios (2015) las instituciones educativas presentan dificultades en la separación, recolección y disposición final de residuos, lo que refleja la necesidad de implementar estrategias didácticas que promuevan una cultura ambiental sólida. En este sentido, la escuela no solo es un escenario de aprendizaje, sino también un espacio de transformación de prácticas cotidianas relacionadas con el manejo de residuos. De manera similar, revisiones recientes como la de Sánchez, Zúñiga Hinestroza y García-Noguera (2025) señalan que las estrategias pedagógicas orientadas a las 3R (reducir, reutilizar y reciclar) son fundamentales para la formación de una cultura ambiental en los estudiantes. Estas estrategias permiten convertir el conocimiento ambiental en acciones concretas, fortaleciendo hábitos sostenibles y promoviendo cambios en el comportamiento frente a los residuos sólidos inorgánicos. Asimismo, se evidencia que la efectividad de la educación ambiental depende en gran medida del diseño de estrategias pedagógicas activas y articuladas con la realidad.

En conjunto, la literatura revisada permite afirmar que la educación ambiental, en articulación con la educación para el desarrollo sostenible, la alfabetización ambiental y metodologías activas como el ABP y el enfoque STEM, constituye un eje fundamental para el desarrollo de la conciencia ambiental y la transformación de prácticas relacionadas con la gestión de residuos sólidos. Estas evidencias confirman que la escuela desempeña un papel central en la formación de ciudadanos ambientalmente responsables, capaces de comprender, valorar y actuar frente a los problemas ambientales de su entorno. Sin embargo, la implementación de estrategias de educación ambiental requiere considerar las características sociales, culturales y territoriales del contexto donde se desarrollan, especialmente en escenarios rurales.

La educación rural en Colombia ha enfrentado históricamente condiciones de inferioridad en cobertura, calidad y recursos, lo que se traduce en altas tasas de deserción y en una limitada contribución al desarrollo social y económico del país. Investigaciones como la del Grupo de Investigación (1978), en el estudio sobre la educación para el desarrollo rural, evidencian que las políticas educativas han sido insuficientes para transformar esta realidad, lo que refuerza la necesidad de implementar estrategias

pedagógicas adaptadas al entorno que fortalezcan la pertinencia y el impacto de la escuela rural en la vida comunitaria.

Cuando se habla de pertinencia territorial en la educación rural, se hace referencia a que la escuela debe responder a las realidades propias del lugar donde está. El territorio no es solo un espacio físico: es un entorno vivo, con relaciones sociales, saberes y prácticas locales, que forman parte de la vida cotidiana de la población. Por eso, la escuela rural tiene que conectarse con la comunidad y el entorno, y generar aprendizajes que tengan sentido social y cultural. Así lo señala el Ministerio de Educación Nacional (2022), al destacar que la educación rural debe ser pertinente y articulada con las características de cada territorio, para que sus niños, niñas y jóvenes, puedan tener una trayectoria educativa exitosa, lo que no solo ayuda en su desarrollo de competencias y capacidades personales, sino también en el desarrollo de sus territorios.

En coherencia con lo anterior, el enfoque STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) ha emergido como una alternativa educativa que permite integrar diversas disciplinas desde una perspectiva interdisciplinaria y vinculada con las problemáticas reales del entorno. Según Gavari-Starkie et al (2022), el STEM no debe entenderse únicamente como la enseñanza de áreas disciplinares aisladas, sino como un enfoque interdisciplinario que articula la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas con el contexto social y ambiental del estudiante. Esta integración permite que el aprendizaje se relacione con problemas reales del entorno, especialmente en contextos rurales donde el territorio ofrece múltiples oportunidades pedagógicas. Asimismo, estos autores destacan la importancia de “crear vínculos con la tierra”, lo cual implica fortalecer la relación entre estudiantes, comunidad y entorno natural, promoviendo así el sentido de pertenencia y la sostenibilidad del territorio. En esta línea, la educación STEM se convierte en una herramienta para el desarrollo rural sostenible, al formar estudiantes capaces de comprender y transformar su realidad desde una perspectiva crítica y ambientalmente responsable.

El ABP se fundamenta en la resolución de problemas reales a través de proyectos significativos, donde los estudiantes asumen un rol activo en la construcción de su conocimiento, investigan, colaboran y

generan productos o soluciones aplicables a su entorno. Markula y Aksela (2022) evidencian que el ABP favorece la colaboración entre estudiantes, la investigación y la creación de productos significativos, integrando prácticas científicas y el uso de herramientas tecnológicas. Sus hallazgos muestran que, al trabajar con proyectos vinculados a la naturaleza y el medio ambiente, los estudiantes logran conectar el aprendizaje con problemas reales de su entorno. Aunque las autoras señalan retos en la formulación de preguntas guía y en el liderazgo estudiantil, destacan que el ABP permite materializar los principios del STEM, al convertir el aprendizaje en una experiencia práctica y situada, orientada a la resolución de problemáticas del territorio.

Evidencia reciente muestra que cuando el STEM se articula con enfoques basados en proyectos y en el lugar, los estudiantes no solo desarrollan habilidades científicas, sino también identidad, agencia y compromiso con su comunidad. Mercier et al. (2025) demuestran que los proyectos STEM basados en problemáticas locales permiten que los estudiantes se reconozcan como agentes de cambio dentro de su territorio, fortaleciendo la conexión entre aprendizaje escolar y realidad comunitaria. Este tipo de experiencias, propias del ABP, integran el entorno local como eje central del proceso educativo, lo que favorece el aprendizaje situado y significativo.

En esta misma línea, el enfoque Place-based STEM education (Bascopé y Reiss, 2021) refuerza la idea de que el aprendizaje debe partir del contexto inmediato del estudiante, utilizando el territorio como recurso pedagógico. Este enfoque evidencia que los problemas reales del entorno rural, como las dinámicas ambientales, productivas o sociales, pueden convertirse en oportunidades de aprendizaje interdisciplinario. De esta manera, el ABP y el STEM convergen en una propuesta educativa que promueve la resolución de problemas auténticos y la integración de saberes escolares con saberes locales. Por otro lado, estudios recientes también han evidenciado que las estrategias educativas complementarias, como los programas extracurriculares STEM, fortalecen el aprendizaje en contextos rurales al ofrecer experiencias prácticas adicionales al currículo formal. Tessman, Rhone y Roberson (2025) señalan que este tipo de intervenciones mejora el rendimiento académico y aumenta la motivación hacia las ciencias,

lo que refuerza la importancia de diversificar las estrategias pedagógicas en entornos rurales para responder a sus necesidades específicas.

Asimismo, informes internacionales destacan que no existe un único modelo de educación STEM para contextos rurales, debido a la diversidad de territorios, culturas y realidades socioeconómicas. En este sentido, el informe de la National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2025) enfatiza la necesidad de adaptar las estrategias educativas a las características del entorno, promoviendo el uso de recursos locales, la articulación con la comunidad y la implementación de enfoques prácticos como el aprendizaje basado en problemas y proyectos. De igual forma, también subraya la importancia de apoyar la formación docente y de garantizar la equidad educativa, de manera que la educación rural sea flexible y conectada con su territorio, contribuyendo al desarrollo sostenible de las comunidades. En este contexto, resulta fundamental que las propuestas educativas orientadas a responder a las necesidades del entorno rural sean sometidas a procesos de validación antes de su implementación, con el propósito de verificar su pertinencia, coherencia y adecuación frente a las características del contexto educativo. Por ello, diferentes autores destacan la validez de contenido y el juicio de expertos como estrategias que permiten evaluar y fortalecer la calidad de las propuestas pedagógicas antes de su aplicación en el aula.

Dentro de los procesos de investigación educativa, la validación previa de propuestas pedagógicas constituye una etapa fundamental antes de su implementación en contextos reales de enseñanza. Este proceso permite analizar aspectos relacionados con la pertinencia, coherencia, claridad y relevancia de las estrategias diseñadas, con el fin de identificar posibles debilidades y realizar ajustes antes de su aplicación en el aula. En este sentido, la validez de contenido y el juicio de expertos se han consolidado como procedimientos ampliamente utilizados para evaluar instrumentos, modelos y propuestas educativas. De acuerdo con Escobar-Pérez y Cuervo-Martínez (2008), la validez de contenido hace referencia al grado en que un instrumento o propuesta representa adecuadamente el dominio del contenido que se pretende evaluar. Los autores explican que este tipo de validez busca determinar si los elementos incluidos son pertinentes y suficientes en relación con los objetivos planteados. Asimismo, señalan que uno de los

procedimientos más utilizados para establecer dicha validez es el juicio de expertos, debido a que permite obtener valoraciones especializadas sobre la calidad y coherencia de los elementos evaluados.

Escobar-Pérez y Cuervo-Martínez (2008) destacan que el juicio de expertos consiste en solicitar la opinión de personas con experiencia y conocimiento en el área objeto de estudio, quienes analizan distintos criterios relacionados con la propuesta o instrumento. Entre los aspectos comúnmente evaluados se encuentran la claridad de los contenidos, la pertinencia de las actividades, la coherencia interna y la relevancia frente a los objetivos de investigación. Los autores también enfatizan la importancia de seleccionar adecuadamente a los jueces, considerando elementos como la experiencia profesional, el conocimiento temático y la trayectoria investigativa, ya que esto contribuye a fortalecer la confiabilidad del proceso de validación.

De manera complementaria, Galicia Alarcón, Balderrama Trápaga y Edel Navarro (2017) plantean que la validez de contenido constituye un procedimiento esencial dentro de las investigaciones educativas y sociales, especialmente cuando se diseñan instrumentos o propuestas que posteriormente serán aplicadas en escenarios reales. Los autores señalan que el juicio de expertos permite identificar errores, inconsistencias o vacíos conceptuales antes de la implementación, favoreciendo así procesos de mejora y retroalimentación. En su estudio, Galicia Alarcón et al. (2017) desarrollan una herramienta virtual orientada a facilitar procesos de validación por expertos. A partir de ello, explican que la evaluación de contenido no se limita únicamente a verificar si un instrumento “funciona”, sino que implica analizar la relación entre los objetivos propuestos y los elementos que conforman la propuesta. Además, resaltan que criterios como la suficiencia, claridad, coherencia y relevancia son fundamentales para determinar la calidad de un recurso educativo o investigativo.

Los planteamientos de estos autores permiten comprender que la validación previa de propuestas educativas representa una estrategia metodológica importante para fortalecer la calidad de los diseños pedagógicos antes de su aplicación. De esta manera, la revisión anticipada favorece procesos de ajuste y mejora, disminuyendo posibles dificultades durante la implementación y aportando mayor solidez a las investigaciones educativas. Sin embargo, en muchos contextos educativos, especialmente en zonas rurales

o con acceso limitado a especialistas, los procesos de validación pueden verse afectados por la dificultad de contar con expertos suficientes en determinadas áreas pedagógicas y disciplinares. Frente a esta situación, en los últimos años la inteligencia artificial ha comenzado a explorarse como una herramienta de apoyo capaz de contribuir a procesos preliminares de evaluación y análisis educativo.

En tiempos recientes, el avance de la inteligencia artificial ha generado nuevas posibilidades dentro de los procesos de evaluación y análisis educativo. Particularmente, los modelos de lenguaje de gran escala han comenzado a utilizarse como herramientas de apoyo para valorar contenidos pedagógicos, identificar patrones y generar retroalimentaciones preliminares sobre materiales educativos. En este contexto, He-Yueya, Goodman y Brunskill (2024) analizan el uso de modelos de lenguaje como evaluadores de contenido educativo. Los autores exploran la capacidad de estos sistemas para emitir juicios sobre materiales instruccionales y comparan sus evaluaciones con valoraciones humanas. Sus hallazgos muestran que los modelos de lenguaje pueden producir evaluaciones relativamente cercanas a las realizadas por expertos humanos en determinados criterios, especialmente en aspectos relacionados con claridad, organización y calidad general del contenido.

No obstante, el estudio también señala que existen diferencias importantes entre las valoraciones generadas por inteligencia artificial y el juicio humano. He-Yueya et al. (2024) advierten que los modelos pueden presentar inconsistencias o emitir evaluaciones que no siempre coinciden con las percepciones pedagógicas de especialistas humanos. Por ello, los autores plantean que estas herramientas deben entenderse como mecanismos de apoyo y no como sustitutos absolutos del criterio experto.

De manera similar, Yetişensoy (2025) aborda los desafíos de validez asociados al uso de modelos generativos en contextos educativos. Su investigación se centra en la evaluación de contenidos generados mediante inteligencia artificial y analiza los problemas relacionados con la precisión, coherencia y validez educativa de dichos materiales. El autor sostiene que, aunque la inteligencia artificial posee potencial para apoyar procesos de creación y evaluación de recursos educativos, todavía existen limitaciones importantes que requieren supervisión humana constante.

Asimismo, Yetişensoy (2025) destaca que uno de los principales retos consiste en garantizar que los contenidos producidos o evaluados por inteligencia artificial mantengan coherencia con los objetivos pedagógicos y los contextos educativos específicos. Desde esta perspectiva, la validación humana continúa siendo necesaria para interpretar críticamente los resultados emitidos por sistemas de IA y verificar su pertinencia dentro de procesos educativos reales.

En conjunto, estas investigaciones permiten reconocer que la inteligencia artificial puede constituir una herramienta de apoyo en procesos preliminares de evaluación y validación educativa. Sin embargo, también evidencian que sus resultados deben analizarse de manera crítica y complementarse con el juicio humano, especialmente en investigaciones pedagógicas donde intervienen factores contextuales, didácticos y sociales que difícilmente pueden ser interpretados completamente por sistemas automatizados.

La revisión teórica realizada permite comprender que las problemáticas ambientales relacionadas con la gestión de residuos sólidos exigen propuestas educativas que vinculen el aprendizaje escolar con las necesidades reales del entorno. En este sentido, la educación no debe limitarse únicamente a la transmisión de contenidos, sino orientarse hacia la formación de estudiantes capaces de analizar problemáticas de su comunidad y participar activamente en la construcción de soluciones sostenibles.

A partir de ello, el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y el enfoque STEM se consolidan como estrategias pedagógicas pertinentes para responder a estos desafíos, debido a que promueven procesos formativos activos, interdisciplinarios y centrados en la resolución de problemas reales. La articulación entre ambos enfoques favorece la integración de conocimientos científicos, tecnológicos y ambientales mediante experiencias de aprendizaje significativas, donde los estudiantes investigan, colaboran y aplican saberes en situaciones reales. De esta manera, la gestión de residuos se convierte en una oportunidad pedagógica para fortalecer la conciencia ambiental, el pensamiento crítico y la participación estudiantil.

Esta relación adquiere aún mayor relevancia en contextos rurales, donde el territorio, los saberes locales y las dinámicas comunitarias forman parte fundamental del proceso educativo. La literatura

revisada evidencia que la educación rural requiere estrategias que respondan a las características sociales, culturales y ambientales de cada comunidad. En consecuencia, la integración del ABP y el enfoque STEM permite desarrollar propuestas educativas más pertinentes para estos escenarios, favoreciendo aprendizajes conectados con la realidad y orientados al desarrollo sostenible del territorio.

Sin embargo, para garantizar la calidad y pertinencia de este tipo de propuestas, resulta necesario realizar procesos de validación previos a su implementación. En este marco, la validez de contenido y el juicio de expertos se reconocen como procedimientos fundamentales para evaluar la coherencia, claridad y relevancia de las estrategias pedagógicas. Asimismo, aunque la inteligencia artificial representa una alternativa emergente de apoyo en procesos preliminares de evaluación educativa, la literatura coincide en que sus resultados deben interpretarse de manera crítica y complementarse con el criterio humano. De esta forma, la IA puede constituirse como una herramienta de apoyo para fortalecer procesos iniciales de validación educativa, especialmente en contextos donde el acceso a especialistas es limitado, sin reemplazar la valoración pedagógica realizada por expertos.

Marco metodológico

En este capítulo del trabajo se describe el desarrollo de esta investigación, así como también, de forma específica las particularidades (enfoque de investigación, pregunta problematizadora, tipo de estudio, entre otras) que caracterizan este proyecto para el cumplimiento de los objetivos.

Se debe tener en cuenta que dentro de este proyecto se diseñará una estrategia didáctica fundamentada en el enfoque ABP-STEM, para abordar problemáticas ambientales como la gestión de residuos con el objetivo de promover la conciencia ambiental en el contexto abordado. Por lo tanto, no se hará una aplicación de dicha propuesta dentro de este proyecto y tampoco se realizará recolección de información de los estudiantes y maestros de la Institución Educativa San Mateo (secundaria) de El Roble, Sucre, ni de la comunidad en general.

Categorización de la realidad educativa a abordar

Pregunta de investigación: ¿Cómo puede diseñarse y validarse preliminarmente una propuesta educativa basada en el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y el enfoque STEM para abordar la problemática de gestión de residuos en el municipio de El Roble?

Categorías de análisis: Articulación ABP-STEM, gestión de residuos y educación ambiental, pertinencia territorial y educación rural, validación preliminar de propuesta educativa mediante IA.

Enfoque de investigación

La presente investigación se desarrolla bajo un enfoque cualitativo con alcance descriptivo, debido a que se orienta al diseño y validación preliminar de una propuesta educativa fundamentada en el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y el enfoque STEM para abordar la problemática de gestión de residuos en el municipio de El Roble. El enfoque cualitativo permite comprender las problemáticas educativas y ambientales desde las dinámicas propias del contexto social y escolar, priorizando la interpretación y análisis de fenómenos dentro de escenarios reales. Hernández y Mendoza (2018) señalan que la investigación cualitativa busca comprender los fenómenos desde la perspectiva de los participantes y del contexto donde ocurren, permitiendo interpretar experiencias, comportamientos y realidades sociales. En este sentido, el enfoque cualitativo resulta pertinente para analizar las condiciones relacionadas con la gestión de residuos y las posibilidades pedagógicas de una propuesta ABP-STEM contextualizada para el entorno rural.

Asimismo, la investigación posee un alcance descriptivo, debido a que busca caracterizar las condiciones socioambientales del contexto, las problemáticas relacionadas con la gestión de residuos y los fundamentos pedagógicos necesarios para la estructuración de la propuesta educativa. Según Arias (2012), la investigación descriptiva tiene como propósito caracterizar un fenómeno o situación específica con el fin de establecer sus propiedades y comportamientos. De manera complementaria, Hernández y Mendoza (2018) afirman que los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, características y perfiles de personas, grupos, comunidades o fenómenos sometidos a análisis. Por tanto, este estudio describe tanto las necesidades ambientales presentes en el municipio como los elementos metodológicos

asociados al Aprendizaje Basado en Proyectos y al enfoque STEM que sustentan el diseño de la propuesta educativa.

Tipo de investigación

Tal como se comentó anteriormente, el presente proyecto se desarrolla bajo un tipo de investigación descriptivo-proyectiva, articulando el diagnóstico de una realidad concreta con la creación de una propuesta educativa aplicable al sector escolar rural de El Roble.

En primer lugar, la dimensión descriptiva se ocupa de caracterizar el panorama socioambiental del manejo de residuos y los pilares didácticos del modelo STEM y el ABP. Esta postura se alinea con Arias (2012), quien define la investigación descriptiva como aquella que busca especificar las propiedades y comportamientos de un fenómeno dentro de un marco delimitado.

En segundo lugar, el carácter proyectivo de la investigación radica en la formulación de una propuesta orientada a atender una problemática identificada, pues diseña una solución fundamentada desde el plano pedagógico. Bajo la perspectiva de Hurtado de Barrera (2010), este tipo de investigación se encamina a la producción de propuestas orientadas a resolver necesidades prácticas en contextos determinados. De este modo, el esfuerzo investigativo se materializa en la estructuración y validación preliminar de una unidad didáctica basada en ABP-STEM, diseñada para promover el desarrollo de competencias ambientales.

Tipo de estudio

La presente investigación corresponde a un estudio de carácter aplicado, debido a que busca generar una propuesta educativa contextualizada orientada a atender una necesidad identificada en el entorno escolar y comunitario del municipio de El Roble. Este tipo de investigación se fundamenta en la utilización de conocimientos teóricos y pedagógicos para el diseño de alternativas prácticas. En el presente caso, dichas alternativas están orientadas a la gestión de residuos mediante la integración del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y el enfoque STEM. Asimismo, el estudio posee un carácter no

experimental, ya que no se manipulan variables ni se realiza implementación directa de la propuesta educativa dentro del contexto institucional. En este sentido, Hernández y Mendoza (2018) señalan que los estudios no experimentales son aquellos en los que las variables se observan y analizan en su contexto natural sin intervención del investigador.

De igual forma, la investigación se apoya en un proceso de carácter documental y de análisis del contexto. Es documental en tanto se fundamenta en la revisión de fuentes bibliográficas, normativas y antecedentes relacionados con educación ambiental, gestión de residuos, ABP y enfoque STEM. Según Arias (2012), la investigación documental consiste en la búsqueda, análisis e interpretación de información proveniente de fuentes escritas o digitales para la construcción de referentes teóricos y conceptuales. Complementariamente, se considera el análisis del contexto educativo y socioambiental del municipio de El Roble como base para el diseño de la propuesta pedagógica.

Técnicas de recolección de información seleccionadas

Para el desarrollo de la presente investigación se seleccionaron diferentes técnicas de recolección de información acordes con el enfoque cualitativo y el carácter descriptivo-proyectivo del estudio. Estas técnicas permitieron comprender la problemática y el contexto socioambiental, lo cual ayudó a fundamentar el diseño de la propuesta educativa y realizar su validación preliminar.

En primer lugar, se empleó la revisión documental como técnica de recolección de información. Esta permitió consultar, analizar e interpretar documentos académicos, artículos científicos, noticias, normativas, antecedentes investigativos y referentes teóricos relacionados con educación ambiental, gestión de residuos, Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), enfoque STEM e Inteligencia Artificial aplicada a procesos educativos. Según Arias (2012), la revisión documental consiste en la búsqueda, recuperación, análisis e interpretación de información obtenida de fuentes documentales impresas y electrónicas tal y como mencionado anteriormente.

Además, se utilizó la observación del contexto socioambiental como técnica complementaria, orientada a reconocer las dinámicas relacionadas con la gestión de residuos en el entorno del municipio de

El Roble. Esta técnica permitió identificar prácticas asociadas al manejo de residuos, problemáticas ambientales presentes en el contexto y características relevantes para la contextualización de la propuesta educativa.

Técnicas de análisis de información seleccionadas

El análisis de la información obtenida se realizó desde un enfoque cualitativo, utilizando estrategias que permitieron organizar, interpretar y dar sentido a los datos recolectados durante el proceso investigativo. En primer lugar, se aplicó el análisis de contenido, mediante el cual se examinaron los documentos revisados con el fin de identificar información relevante relacionada con la educación ambiental, la gestión de residuos, el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), el enfoque STEM y la inteligencia artificial en educación. Posteriormente, se realizó la categorización de la información a partir de los ejes definidos en la investigación, lo que permitió organizar los hallazgos de manera más clara. Finalmente, se realizó la comparación de la información obtenida a partir de las distintas fuentes, como la revisión documental, la observación del contexto y la validación preliminar de la propuesta mediante inteligencia artificial. Este proceso permitió contrastar los hallazgos y fortalecer la coherencia del análisis realizado.

Aplicación y análisis de los resultados preliminares a partir de las técnicas de recolección de información

La aplicación de las técnicas de recolección de información permitió obtener la información necesaria para fundamentar el diseño y la validación preliminar de la propuesta educativa. En primer lugar, la revisión documental facilitó la identificación de referentes teóricos, metodológicos y contextuales relacionados con la educación ambiental, la gestión de residuos, el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), el enfoque STEM y el uso de la Inteligencia Artificial en procesos educativos. Esta información sirvió como base para la estructuración de la propuesta pedagógica y para la definición de las rubricas y criterios de evaluación empleados su validación. Por su parte, la observación del contexto

socioambiental permitió reconocer características y problemáticas asociadas a la gestión de residuos en el municipio de El Roble, Sucre. Los hallazgos derivados de esta técnica contribuyeron a contextualizar la propuesta educativa, garantizando su pertinencia frente a las necesidades y condiciones del entorno.

Con base en esta información, se diseñó la propuesta educativa y se consultaron y construyeron los instrumentos utilizados en el proceso de validación preliminar. Posteriormente, la propuesta fue evaluada mediante criterios establecidos y el apoyo de herramientas de inteligencia artificial, lo que permitió identificar fortalezas, aspectos por mejorar y elementos susceptibles de ajuste. Finalmente, el análisis de estos resultados permitió realizar ajustes a la propuesta, garantizando su coherencia con los fundamentos teóricos y su pertinencia con el contexto educativo y socioambiental estudiado.

Procedimiento

Fase 1. Diseño de la propuesta educativa ABP-STEM

En la primera fase se realizará el diseño de una propuesta educativa basada en el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y el enfoque STEM, orientada al abordaje de la problemática de gestión de residuos en el municipio de El Roble, Sucre. Para ello, se analizará el contexto ambiental del municipio con el fin de identificar las principales problemáticas relacionadas con el manejo de residuos sólidos y su pertinencia dentro del ámbito educativo. A partir de la revisión teórica sobre ABP y STEM, se estructurará una propuesta organizada en cinco etapas: sensibilización y formulación, definición del problema, investigación, diseño y creación de soluciones, y socialización de resultados. Durante el diseño se incorporarán actividades relacionadas con la investigación científica, el análisis de datos, el uso de herramientas tecnológicas y el trabajo interdisciplinario.

Fase 2. Diseño de criterios e instrumentos de evaluación

En esta fase se establecerán los criterios e instrumentos necesarios para la validación de la propuesta. Se emplearán dos rúbricas de evaluación: una orientada a valorar la integración de los componentes ABP-STEM y otra enfocada en aspectos relacionados con la educación ambiental y la gestión de residuos.

Estos instrumentos permitirán evaluar elementos como la pertinencia pedagógica, la integración interdisciplinaria, el trabajo colaborativo y la relevancia ambiental de la propuesta.

Fase 3. Evaluación por expertos

En esta fase se realizará la validación de la propuesta mediante juicio de expertos. Participarán especialistas con experiencia en metodologías activas y educación ambiental, quienes evaluarán la propuesta utilizando los mismos instrumentos aplicados a las herramientas de Inteligencia Artificial. Este proceso permitirá obtener una valoración fundamentada desde la experiencia profesional y académica.

Fase 4. Evaluación mediante herramientas de Inteligencia Artificial

Posteriormente, la propuesta será sometida a un proceso de evaluación mediante herramientas de Inteligencia Artificial, específicamente Google Gemini, ChatGPT y Microsoft Copilot. Para ello, se diseñarán instrucciones y *prompts* estructurados que incluirán información contextual, el diseño de la propuesta y las rúbricas de evaluación establecidas. Las herramientas analizarán la propuesta y generarán valoraciones, observaciones y recomendaciones relacionadas con sus componentes pedagógicos y ambientales.

Fase 5. Análisis comparativo y convergencia de resultados

Una vez obtenidas las evaluaciones realizadas por las herramientas de Inteligencia Artificial y por los expertos, se procederá a organizar y sistematizar la información recopilada. Posteriormente, se realizará un análisis comparativo de las valoraciones, fortalezas, debilidades y recomendaciones emitidas por cada evaluador.

A partir de esta comparación, se desarrollará un análisis de convergencia con el propósito de identificar el nivel de coincidencia entre las evaluaciones generadas por las herramientas de Inteligencia Artificial y las emitidas por los expertos humanos. Para ello, se examinarán tanto las puntuaciones obtenidas en las rúbricas como las observaciones cualitativas asociadas a cada criterio de evaluación.

Este proceso permitirá determinar el grado de correspondencia entre ambos tipos de evaluación e identificar el potencial de la Inteligencia Artificial como herramienta de apoyo para la validación

preliminar de propuestas educativas basadas en el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y el enfoque STEM orientadas a la gestión de residuos.

Producto o resultado esperado

Como resultado de la investigación, se espera obtener el diseño y validación preliminar de una propuesta educativa contextualizada fundamentada en el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y el enfoque STEM, orientada al fortalecimiento de procesos relacionados con la gestión de residuos en estudiantes de educación media del municipio de El Roble, Sucre. La propuesta educativa estará estructurada mediante etapas de trabajo, actividades, evidencias y rúbricas de evaluación articuladas con la educación ambiental y las áreas STEM, con el fin de promover procesos de aprendizaje contextualizado, pensamiento crítico, investigación escolar y participación estudiantil frente a problemáticas reales del entorno. De igual forma, se espera que el proceso de validación preliminar mediante el juicio expertos y herramientas de Inteligencia Artificial permita analizar aspectos relacionados con la pertinencia, coherencia metodológica y viabilidad pedagógica de la propuesta, con el fin de fortalecer su calidad antes de una posible implementación en el contexto educativo.

Descripción de la población y muestras

La población objetivo de la propuesta corresponde a los estudiantes de los grados décimo y undécimo (10° y 11°) de la Institución Educativa San Mateo, ubicada en el municipio de El Roble, Sucre. Aunque la presente investigación no contempla la implementación directa de la estrategia pedagógica, se seleccionó esta población debido a que los estudiantes de educación media suelen poseer mayores niveles de autonomía, razonamiento crítico y capacidades para desarrollar procesos de investigación, análisis y solución de problemáticas contextualizadas desde el ámbito académico y ambiental. Asimismo, la selección de estos grados responde a la articulación existente entre la propuesta ABP-STEM y los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA) y competencias establecidas para las áreas de Tecnología e Informática, Matemáticas y Ciencias Naturales en educación media. De acuerdo con el Ministerio de

Educación Nacional (2016, 2022), los estudiantes de grados décimo y undécimo deben fortalecer competencias relacionadas con la formulación y solución de problemas del contexto, el análisis de información estadística, el uso de herramientas tecnológicas, el diseño de propuestas sostenibles y el análisis crítico de problemáticas ambientales y sociales.

En el área de Tecnología e Informática, las orientaciones curriculares establecen desempeños asociados con la identificación de problemas tecnológicos del contexto, el diseño y evaluación de soluciones, el trabajo colaborativo mediante tecnologías digitales y el análisis del impacto de la tecnología en el ambiente y la sociedad (Ministerio de Educación Nacional, 2022). Estas competencias guardan relación directa con el desarrollo de proyectos orientados a la gestión de residuos desde un enfoque STEM.

De igual forma, en Matemáticas se promueven habilidades relacionadas con la recolección, organización, representación y análisis de datos estadísticos, así como la formulación de inferencias y el estudio de relaciones entre variables mediante herramientas tecnológicas (Ministerio de Educación Nacional, 2016). Estas competencias pueden fortalecerse mediante actividades asociadas al análisis de generación de residuos, clasificación y evaluación de información.

Por otra parte, en Ciencias Naturales los DBA orientan a los estudiantes hacia el análisis de problemáticas ambientales actuales, la comprensión de los impactos de las actividades humanas sobre el ambiente y el diseño de investigaciones orientadas a la búsqueda de soluciones sostenibles (Ministerio de Educación Nacional, 2016). En este sentido, la propuesta ABP-STEM permite integrar procesos de investigación escolar y educación ambiental relacionados con la gestión de residuos dentro del contexto local.

Finalmente, Capraro y Slough (2013) señalan que la educación basada en ABP-STEM favorece el desarrollo de habilidades como el pensamiento crítico, la resolución de problemas y el trabajo colaborativo mediante el abordaje de situaciones reales del entorno. Por esta razón, resulta pertinente orientar la propuesta hacia estudiantes de los últimos grados de secundaria, considerando que estas

competencias pueden fortalecer su preparación académica, social y profesional frente a desafíos presentes en la educación superior y el contexto laboral.

Matriz de interesados y beneficiarios

La presente matriz de interesados y beneficiarios se construye desde una perspectiva proyectiva, correspondiente al diseño de la propuesta educativa. En este sentido, los roles, intereses y expectativas descritos se fundamentan en escenarios de posible aplicación de la estrategia ABP-STEM en el contexto educativo del municipio de El Roble.

Grupo de interesados / beneficiarios	Intereses	Expectativas	Problemas previstos	Predisposición	Estrategia
Equipo investigador y diseñador de la propuesta	- Diseñar una propuesta educativa contextualizada al entorno del municipio de El Roble. - Integrar enfoques pedagógicos innovadores como ABP y enfoque STEM en la educación ambiental. - Generar un aporte a la reflexión sobre el manejo de residuos en contextos rurales.	- Validar el potencial de la propuesta ABP-STEM. - Obtener retroalimentación mediante criterios de evaluación y apoyo de inteligencia artificial como proceso de validación preliminar. - Que la propuesta sea coherente, pertinente y pueda ser aplicada en contextos similares.	- Limitaciones para validar la propuesta en una mediante una aplicación directa en el aula. - Restricción en la disponibilidad de datos reales de estudiantes para el ajuste fino de la estrategia. - Alcance limitado para una validación amplia en campo.	Comprometidos	- Revisión de literatura y documentos especializados. - Análisis del contexto socioambiental del municipio. - Uso de referentes de experiencias educativas previas en ABP y STEM.
Docentes de la Institución Educativa San Mateo	- Fortalecer la calidad de los procesos educativos. - Incorporar metodologías activas como ABP. - Desarrollar competencias científicas y tecnológicas	- Contar con una propuesta educativa estructurada que oriente procesos de enseñanza contextualizados. - Disponer de herramientas pedagógicas	- Posible resistencia inicial al cambio metodológico. - Incremento de la carga de planificación y adaptación curricular.	Solidario / comprometido	- Presentar la propuesta de manera clara y estructurada. - Resaltar beneficios pedagógicos y flexibilidad de implementación. - Proporcionar orientaciones

	desde el enfoque STEM. Promover el aprendizaje interdisciplinario y el trabajo colaborativo.	aplicables al aula rural.			prácticas para su uso.
Estudiantes de 10° y 11° de la I. E. San Mateo	- Participar en procesos de aprendizaje activos y significativos. - Relacionar los contenidos escolares con problemas reales de su entorno. - Desarrollar conciencia ambiental frente al manejo de residuos.	- Que el aprendizaje sea dinámico, contextualizado y útil para su vida cotidiana. - Participar en experiencias que fortalezcan su comprensión del entorno y su responsabilidad ambiental.	- Baja motivación inicial hacia temáticas ambientales. - Limitaciones en el acceso a recursos tecnológicos o científicos. - Necesidad de acompañamiento o pedagógico constante.	Neutral / solidario / comprometido	- Fomentar el trabajo colaborativo y la participación activa. - Vincular los contenidos con situaciones reales del contexto. - Promover el aprendizaje contextualizado o orientado a problemas del entorno.
Comunidad educativa y entorno local	- Mejorar las prácticas de manejo de residuos en el entorno comunitario. - Promover la conciencia ambiental en las familias y la comunidad. - Fortalecer la relación entre escuela y comunidad.	- Que la propuesta educativa genere sensibilización ambiental en los estudiantes. - Posibles efectos positivos indirectos en las prácticas comunitarias.	- Baja articulación entre escuela y comunidad en procesos ambientales. - Escasa participación comunitaria en iniciativas educativas.	Neutral	- Vinculación indirecta a través de los estudiantes. - Promoción de actividades de sensibilización escolar hacia el entorno familiar.

Recursos previstos

Teniendo en cuenta que este proyecto inicialmente tiene alcance hasta el diseño y la validación preliminar de la estrategia, los recursos que se requieren para su planteamiento no son significativos, ya que la base principal para lograr esto es la investigación documental. Para ello, como principal recurso se dispone de herramientas tecnológicas (computadores y teléfonos celulares), así como también de servicios de internet y energía eléctrica. Por otro lado, dado que para el diseño del proyecto es importante tener claro el panorama actual del contexto, se dispuso como recurso un medio de transporte que permitió

recorrer los puntos afectados en el municipio de El Roble, Sucre, para obtener la información necesaria que dio origen a los objetivos de esta estrategia ABP-STEM. Finalmente, se incorporaron herramientas de Inteligencia Artificial como recurso tecnológico complementario para realizar la validación preliminar de la propuesta, junto con el posterior juicio de expertos para su evaluación definitiva.

Diseño de una estrategia ABP-STEM para abordar la problemática de la gestión de residuos

La presente propuesta académica se desarrolla teniendo en cuenta la investigación realizada sobre los principios del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), la metodología STEM y la gestión de residuos. Tiene como propósito fundamental ofrecer a los docentes de la Institución Educativa San Mateo de El Roble, Sucre, una ruta clara para transformar el aula en un escenario práctico e interactivo donde se pueda promover la enseñanza a partir de la resolución de problemas del entorno. Esta propuesta es innovadora dentro del entorno de la institución por lo tanto es necesario soportarse en autores de la literatura académica para soportar el diseño de esta. De acuerdo con lo mencionado se fundamenta rigurosamente de acuerdo con los planteamientos teóricos y metodológicos de Pérez-Torres, Couso y Márquez en su texto llamado “¿Cómo diseñar un buen proyecto STEM? Identificación de tensiones en la co-construcción de una rúbrica para su mejora” (2020). Siguiendo la visión de estos autores, el proyecto se enfoca en presentar una enseñanza de las ciencias diferente a los métodos tradicionales de educación donde el docente es el responsable de transmitir y describir información, sino se enfoca como tal en buscar que los estudiantes sean capaces de explicar fenómenos del mundo real a través de la construcción de estrategias (Pérez-Torres, Couso y Márquez, 2020).

El diseño de esta propuesta tiene en cuenta tres pilares fundamentales que sugieren Pérez-Torres, Couso y Márquez (2020) a partir de los cuales se garantizara la calidad de una excelente propuesta de ABP que vincula la metodología STEM de acuerdo con los autores.

- **Autenticidad y Reto:** siguiendo a los autores se plantea que la propuesta requiere analizar una situación compleja para valorar y argumentar la toma de decisiones, garantizando que el

problema sea provocativo y de dificultad apropiada, de acuerdo con esto se contempló orientar el proyecto con el objetivo de atender problemas reales de la comunidad.

- **Indagación y Modelización:** de acuerdo con los autores este pilar establece que al diseñar una propuesta es importante priorizar las "prácticas de la ciencia" (indagar, modelizar y argumentar) para que el estudiante transite de sus ideas iniciales hacia Modelos Científicos Escolares (MCE) con mayor poder explicativo, es decir, los autores en este apartado establecen de acuerdo con nuestro proyecto en particular que la propuesta no solo debe orientarse en que los estudiantes recojan residuos sino que se involucren en prácticas científicas, como lo es indagar, modelizar y argumentar.
- **Integración Interdisciplinar:** de acuerdo con los criterios de calidad propuestos por los autores, se garantiza una integración STEM donde las disciplinas no solo coexisten, sino que se contrastan y nutren mutuamente para resolver el fenómeno estudiado. Lo cual en el contexto de este proyecto se debe asegurar que las áreas de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas no trabajen de forma aislada, sino que se complementen para resolver el problema de la gestión de residuos.

Por otro lado, con el objetivo de vincular a la propuesta a otro de los aspectos principales (gestión de residuos) se tuvo en cuenta la Guía Para el Manejo de Residuos Sólidos Ordinarios en Colegios Oficiales y Sedes Administrativas del distrito de Bogotá, Este documento resulta de vital importancia al establecer que la gestión integral no debe limitarse a la disposición final, sino que debe orientarse hacia la prevención, minimización y aprovechamiento de los residuos dentro del entorno escolar (Secretaría de Educación del Distrito, 2021). La guía sugiere para proyectos de gestión de residuos tres elementos fundamentales que se incorporaron al diseño de la propuesta.

- **Clasificación de los residuos:** se dejan claras, dentro de la descripción de las propuestas las condiciones básicas para garantizar el proceso, en este caso tener en cuenta los colores ya establecidos por la normativa vigente para los tipos de residuos (bolsa blanca para aprovechables,

verde para orgánicos y negra para no aprovechables) como una herramienta didáctica para que los estudiantes identifiquen el ciclo de vida de los materiales.

- **Rutas de Aprovechamiento:** la guía subraya la importancia de establecer acuerdos de corresponsabilidad con organizaciones de recicladores, lo que dentro del diseño de la propuesta se integró explícitamente dentro de las fases de ejecución.
- **Monitoreo y Desempeño Ambiental:** la guía propone el uso de instrumentos de registro de información recolectada a través de ensayos prácticos para lograr evaluar resultados de forma periódica, lo que es de gran ayuda dentro del diseño ya que esto permite que dentro del componente STEM, las matemáticas se vean fortalecidas por los análisis correspondientes.

Diseño de la Propuesta Académica

La estructuración de la presente propuesta no es un ejercicio aislado, sino el producto de una revisión de literatura y documentación orientada en identificar los componentes metodológicos activos relacionados con el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y la interdisciplinariedad de la metodología STEM para aplicarla en la problemática de gestión de residuos del municipio de El Roble, Sucre. Simultáneamente, el diseño se alimentó de un diagnóstico del contexto ambiental del municipio, permitiendo que la estrategia no solo responda a estándares generales adaptados de investigaciones similares, sino que atienda específicamente las dinámicas y retos de la recolección y manejo de residuos en el municipio de El Roble. Esta combinación entre el contenido teórico de la literatura académica y la realidad local garantiza la pertinencia y aplicabilidad de la propuesta pedagógica.

Diversos estudios consultados coinciden en que el diseño del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) se estructura a partir de algunos aspectos esenciales que orientan su implementación. Miller, Severance y Krajcik (2021), al igual que Markula y Aksela (2022), coinciden en que el punto de partida del ABP es la formulación de una pregunta orientadora, enfocada en entender y resolver un problema real, esta pregunta guía todo el proceso y debe ser respondida a través del producto final del proyecto. De igual forma, estos autores señalan que los objetivos de aprendizaje deben centrarse en el desarrollo de

habilidades de comprensión y aplicación del conocimiento, lo cual está conectado con el enfoque de aprendizaje tridimensional (*3D Learning*) (aprendizaje práctico, relación entre conceptos y conocimientos básicos de las áreas STEM). Asimismo, destacan la importancia de la indagación científica dentro de estos procesos pues los estudiantes realizan investigación, análisis, experimentación y diseño de soluciones, lo cual integra las disciplinas STEM.

En cuanto al desarrollo del proyecto, Miller, Severance y Krajcik (2021) y Markula y Aksela (2022) enfatizan en el papel de la colaboración y el acompañamiento, donde el aprendizaje se fortalece a través del trabajo en equipo y la guía constante de docentes. Por otra parte, Chimwayange (2024) complementa esa idea al proponer un proceso más detallado, en la que la motivación inicial da paso a la formulación de la pregunta guía, seguida de la definición de objetivos, la recolección y análisis de la información, el diseño de la solución, su desarrollo y un proceso de prueba y mejora, hasta cumplir con los requisitos.

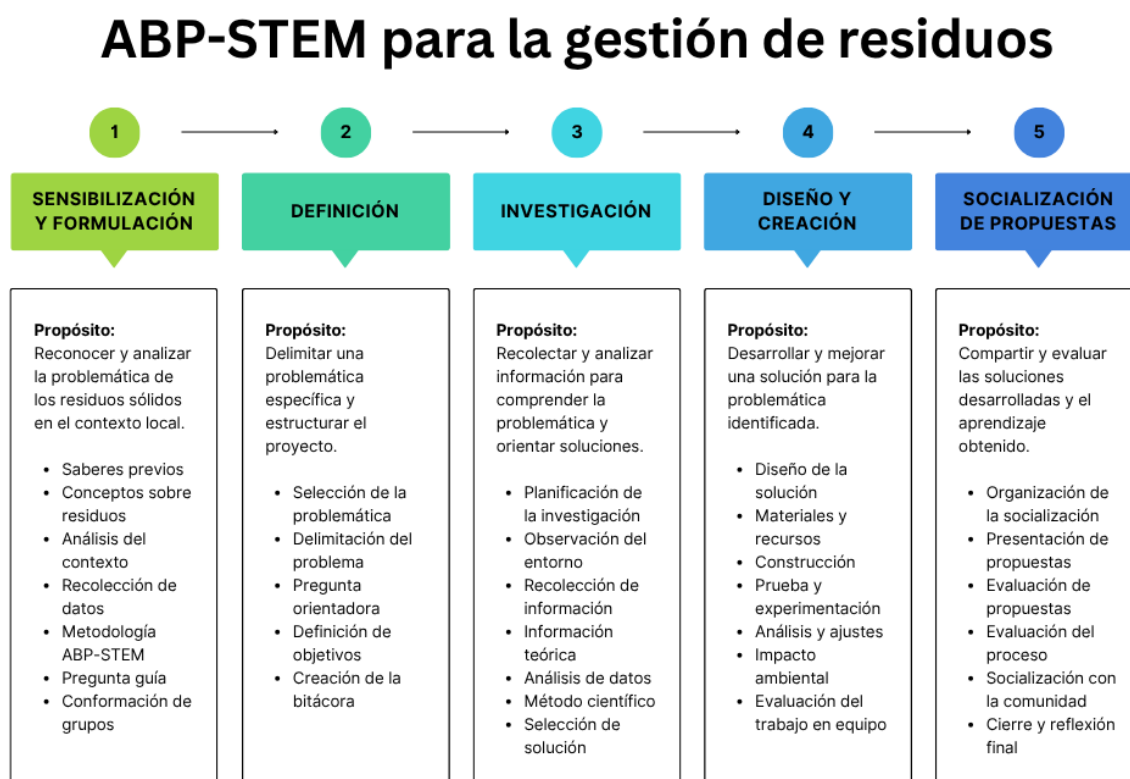
En cuanto a las etapas del proceso de ABP, Setyowati et al. (2022) plantean 5 fases: reflexión, donde los estudiantes analizan problemas ambientales; investigación, refiriéndose a la búsqueda y comprensión de información relevante; descubrimiento, en la que se pasa al diseño del proyecto; aplicación, centrada en la implementación y validación de la solución; y comunicación, donde se presentan los resultados obtenidos. Por su parte, Ayerbe López y Perales Palacios (2020) propone fases similares que inician con el análisis e identificación de problemáticas locales, seguidas por el trabajo en campo y la investigación para así dar paso al desarrollo de propuestas y la socialización de los resultados. Estas dos propuestas muestran una estructura de ABP que articula la comprensión del problema y el diseño de soluciones, que fortalecen el pensamiento crítico y la conciencia ambiental de los estudiantes.

Finalmente, todos los autores coinciden en que el proceso termina con un producto final que no solo evidencia los conocimientos adquiridos, sino que debe dar una posible solución a la problemática planteada, para luego ser socializada y evaluada en función de su pertinencia. Teniendo en cuenta estos aportes, se establece que el diseño de la estrategia ABP-STEM presentada a continuación incluye estos componentes fundamentales y los adapta al contexto del municipio de El Roble. Asimismo, se tendrá en

cuenta el Plan de Gestión Ambiental Municipal propuesto por la Alcaldía de El Roble en el año 2018, específicamente en los relacionado con la gestión de residuos sólidos, con el fin de fortalecer la pertinencia de la propuesta.

Asimismo, dentro del diseño se contempla una evaluación del proceso ABP-STEM de manera continua y formativa mediante rúbricas evaluativas aplicadas en cada una de las etapas del proyecto. Estas rúbricas permitirán valorar el desempeño de los estudiantes en aspectos como la comprensión de la problemática, la investigación, el análisis de datos, el diseño de soluciones, el trabajo colaborativo, la argumentación y la reflexión sobre el aprendizaje. La valoración final tendrá en cuenta las evidencias desarrolladas, los criterios establecidos en las rúbricas y el progreso demostrado durante todo el proceso ABP-STEM. Cada criterio será valorado de acuerdo con los siguientes niveles de desempeño: excelente, cuando el estudiante demuestra un desempeño destacado y cumple completamente con el criterio; bueno, cuando cumple adecuadamente con lo esperado; regular, cuando presenta algunas dificultades en el desarrollo del criterio; y malo, cuando presenta dificultades significativas en su cumplimiento. El diseño de la propuesta educativa se evidencia en el Anexo C, este incluye las 5 etapas propuestas, las actividades dentro de cada una y sus rubricas de evaluación.

Gráfico del diseño de la propuesta



Nota: Elaboración propia.

Evaluación de la estrategia ABP-STEM y gestión de residuos mediante herramientas de Inteligencia

Artificial

Luego de la elaboración de la propuesta académica orientada en el Aprendizaje Basado en Proyectos, vinculando las competencias y asignaturas STEM para abordar problemas de gestión de residuos en el municipio de El Roble, se diseña e implementa una herramienta de evaluación de estrategias innovadora, que tiene como protagonista la inteligencia artificial como par evaluador. De acuerdo con esto es importante tener en cuenta que las diferentes herramientas de inteligencia artificial requieren unas instrucciones y unos marcos de referencia establecidos que sirven como criterios de evaluación.

Para evaluar la correcta integración de los tres componentes principales (ABP, STEM y Gestión de residuos) de la propuesta diseñada se tuvieron en cuenta dos rubricas evaluativas. La primera corresponde a la evaluación del enfoque ABP-STEM y fue diseñada por Pérez-Torres, Couso y Márquez (2020). Dentro de esta rúbrica los autores consideran criterios como la articulación entre disciplinas STEM, el desarrollo de prácticas científicas y la participación de los estudiantes en procesos de indagación, resolución de problemas y trabajo colaborativo.

Por otro lado, para la rúbrica de evaluación de la integración de la gestión de residuos se diseñó una rubrica basada en el estudio de los autores Gómez, Peralta y Oyaga (2023) titulado “Estrategias pedagógicas para la enseñanza de la gestión integral de residuos sólidos en instituciones educativas”. Los criterios de esta rúbrica fueron contruidos a partir del análisis de esta investigación relacionada con la enseñanza de la gestión integral de residuos sólidos en contextos educativos, dentro de los cuales destacan elementos relevantes como la contextualización de las problemáticas ambientales, las prácticas de clasificación, separación y manejo de residuos, así como la promoción de la conciencia ambiental, la participación de la comunidad educativa y la aplicación de estrategias orientadas al manejo adecuado de los residuos sólidos. A partir de esto se establecieron indicadores para evaluar el nivel de integración de la gestión de residuos dentro de la propuesta educativa. Asimismo, se incorporaron algunos criterios de elaboración propia relacionados con aspectos pedagógicos y estructurales de la propuesta, tales como la coherencia entre objetivos y actividades, la organización de contenidos y la aplicabilidad de las estrategias planteadas. Los documentos enviados a las IAs para este proceso se encuentran en el documento de anexos: Anexo C. Diseño de la estrategia educativa ABP-STEM para abordar la problemática de la gestión de residuos; Anexo D. Contextualización proporcionada a la IA; Anexo E. Rúbrica STEM ABP para el análisis de proyectos STEM de educación secundaria; y Anexo F. Rubrica para la evaluación de gestión de residuos.

Componente ABP-STEM

Diseño de lineamientos de Evaluación de propuestas académicas de ABP-STEM

Inicialmente la herramienta de Inteligencia Artificial debe ser contextualizada sobre la labor que se le va a pedir realizar y además se le deben entregar las pautas claras de las referencias que debe utilizar para definir con criterio cada uno de los elementos evaluados. Se propone el siguiente párrafo como primer insumo (*input*) para la inteligencia artificial:

“Hola, requiero que me apoyes con la evaluación de una propuesta de diseño de una estrategia de ABP-STEM enfocada en atender la problemática de gestión de residuos del municipio de EL ROBLE, para esto necesito que asumas el rol de evaluador experto en proyectos ABP que vinculen la metodología STEM. Es importante que la evaluación se realice bajo los criterios que define la rúbrica del Anexo 1 (Rúbrica STEM-ABP para el análisis de proyectos STEM de educación secundaria) del artículo de Pérez, Couso & Márquez (2020), la cual establece lineamientos de evaluación de proyectos ABP-STEM. Teniendo en cuenta esta información te adjunto el texto que servirá como criterio de evaluación y requiero que los leas para contextualizarte ya que más adelante te daré las instrucciones puntuales que requiero tengas en cuenta para evaluar.”

Posteriormente se procede a dar detalles más específicos a la inteligencia con el objetivo de entrenarla o guiarla hacia el tipo de evaluación que se requiere.

Prompts 1: Tomando el rol de Auditor Senior de *ABP-STEM* indicado anteriormente. Tu objetivo es evaluar la propuesta pedagógica para estudiantes de 10° y 11° en *El Roble, Sucre*, la cual se encuentra en el documento que adjunto. Para tu evaluación, utilizarás estrictamente la Rúbrica de Evaluación de Proyectos de Pérez, Couso & Márquez (2021) para medir el rigor pedagógico y tecnológico de la propuesta, evaluando la dimensión de finalidades del proyecto, los rubros de contenidos, la dimensión de acción, contexto, prácticas científico-tecnológicas, dimensión de evaluación y cooperación dentro del proyecto. Para cada uno de los criterios de cada dimensión de la rúbrica asígnale un nivel del 1 al 4 (donde 1 es básico y 4 es sofisticado).

Prompts 2: Una vez contextualizado y conociendo el proyecto, procede a realizar la evaluación detallada. Debes generar una tabla en la que se muestren los 21 criterios evaluados en la rúbrica y se presente una columna que corresponda a la calificación de cada criterio, además, una columna que presente comentarios generales del proyecto de acuerdo con la calificación. Al final de la tabla presentar la calificación general que será la sumatoria de todas las calificaciones puntuales de los criterios.

Prompts 3: Finalmente es importante que realices una corta conclusión general de la evaluación y el proyecto, en la que presentes sugerencias para la propuesta ABP-STEM diseñada.

Resultados de la evaluación de la estrategia ABP-STEM

Esta fase del proyecto presenta los resultados de las distintas evaluaciones que se le realizaron a la propuesta diseñada, la cual está enfocada en una estrategia de aprendizaje basado en proyectos que vincula la metodología STEM para la gestión de residuos. La evaluación se realiza bajo ciertos parámetros que se establecen para entrenar a las herramientas de inteligencia artificial quienes serán las principales evaluadoras y además se presentará una evaluación de un experto en el tema, el cual dará bases para contrastar la evaluación tecnológica, con la evaluación de un docente capacitado.

Haciendo uso de los prompts desarrollados anteriormente se usan diferentes herramientas de inteligencia artificial (Google Gemini, ChatGPT y Microsoft Copilot) y se obtuvieron los siguientes resultados.

Google Gemini

Tabla de resultados se encuentra en el Anexo G. De acuerdo con Google Gemini el proyecto presenta una estructura sólida y está muy bien anclado en la realidad local de El Roble, Sucre. La herramienta de Inteligencia Artificial expone que el proyecto cumple satisfactoriamente con la integración interdisciplinar y la autenticidad del reto, sin embargo, resalta que para alcanzar niveles de "sofisticación" (Nivel 4) según la rúbrica de Pérez-Torres, Couso y Márquez (2020), se sugieren los siguientes ajustes:

- **Potenciar la Ingeniería:** Fortalecer la fase de diseño de la solución técnica. No basta con proponer ideas; el alumnado debería realizar prototipos, pruebas de eficiencia de su solución y procesos de mejora iterativos.
- **Autonomía del Alumnado:** Reducir la dirección del docente en las etapas intermedias. Permitir que los estudiantes seleccionen sus propias herramientas de recolección de datos o decidan el formato final de su intervención social.
- **Modelización:** Incentivar que los estudiantes construyan sus propios modelos explicativos sobre el ciclo de gestión de residuos, y no solo apliquen clasificaciones ya establecidas por normas externas.

ChatGPT

Tabla de resultados se encuentra en el Anexo H. De acuerdo con esta herramienta la propuesta ABP-STEM diseñada para El Roble presenta una estructura pedagógica sólida, contextualizada y coherente con los principios contemporáneos del Aprendizaje Basado en Proyectos y la educación STEM. De igual forma, resalta que esta propuesta sobresale especialmente por su autenticidad, impacto social, trabajo cooperativo y capacidad para conectar la escuela con una problemática ambiental real. Sin embargo, menciona aspectos a mejorar tales como:

1. Fortalecer la modelización científica.
2. Lograr una mayor integración curricular explícita
3. Fortalecer el uso de TIC
4. Implementar una medición de impacto final

Microsoft Copilot

Tabla de resultados se encuentra en el Anexo I. De acuerdo con Microsoft Copilot el proyecto presenta un diseño sólido, pertinente y contextualizado, alineado con la perspectiva ABP-STEM y con un

alto nivel en acción, indagación, impacto social y prácticas de ingeniería. Sin embargo, la IA hace las siguientes sugerencias:

1. Fortalecer la modelización científica

- Incorporar construcción explícita de modelos (por ejemplo: ciclos de vida de residuos, sistemas de gestión).
- Hacer que los estudiantes comparen, refinen y revisen los modelos explicativos.

2. Profundizar la integración STEM

- Evitar que cada disciplina funcione de forma separada en etapas.
- Diseñar actividades donde ciencia, matemáticas y tecnología operen simultáneamente.

3. Potenciar la argumentación como eje transversal

- Incluir debates científicos estructurados.
- Exigir siempre justificación basada en evidencia.

4. Elevar la significatividad científica

- Promover preguntas que redefinan el fenómeno.
- Incorporar lenguaje científico progresivo.

5. Fortalecer evaluación competencial

- Co-construir criterios con los estudiantes.
- Evaluar explícitamente las competencias STEM.

Componente Gestión de Residuos

Diseño de lineamientos de Evaluación de la integración de la gestión de residuos.

Para la evaluación de la integración del componente de gestión de residuos dentro de la propuesta, se utilizaron las mismas tres herramientas de inteligencia artificiales (IAs) del componente anterior. Esta vez se evaluó utilizando una rúbrica de 10 criterios relacionados con la inclusión del conocimiento sobre gestión de residuos. Primeramente, se diseñaron los prompts a utilizar con las IAs, teniendo en cuenta que

se debe dejar todo claro para evitar sesgos dentro de los análisis realizados. Luego fueron modificados hasta llegar al diseño mostrado a continuación, ya que debían redactarse de tal forma que las IAs entendieran el proceso claramente y no cometieran errores como, por ejemplo, realizar la evaluación o realizar comentarios sobre la propuesta sin antes enviar la rúbrica para su análisis. Finalmente se inició el chat con cada una de las IAs en sus modos de pensamiento profundo, el cual es accesible en las versiones gratuitas de todas estas: para Google Gemini, el nombre de esta herramienta es “Pensar”; para ChatGPT su nombre es “Razonamiento” o “Pensar”; y para Microsoft Copilot se llama “Razonamiento profundo”. Es importante mencionar que, dentro de los documentos adjuntados en los chats, se entregó a cada IA, además de la propuesta diseñada, un documento de contextualización de la problemática sobre gestión de residuos en El Roble y la rúbrica de evaluación, información que se encuentra dentro de los anexos de este trabajo.

Prompt 1: Hola. Necesito que asumas el rol de evaluador experto en *educación ambiental y gestión de residuos* en contextos educativos. Tu tarea será evaluar una propuesta pedagógica dirigida a estudiantes de educación media (*10° y 11°*) del municipio de *El Roble, Sucre*, enfocada en la problemática de *gestión de residuos*. La evaluación debe realizarse estrictamente con base en la rúbrica de evaluación de gestión de residuos que adjuntaré posteriormente, utilizando únicamente los criterios establecidos en dicha rúbrica para emitir los juicios evaluativos. Debes esperar que te indique las instrucciones y como proceder.

Prompt 2: Antes de evaluar, analiza cuidadosamente y ten en cuenta el *documento de contextualización*, que explica la problemática. De igual forma, analiza las *5 etapas de la propuesta* adjunta de manera exacta, no realices retroalimentación, inferencias ni añadas nada fuera de los archivos. Debes esperar que te indique las instrucciones y como proceder.

En este prompt se adjuntaron los documentos de contextualización y del diseño de la propuesta (Anexo C y Anexo D).

Prompt 3: Siguiendo con esto, procede a evaluar detalladamente la integración de la gestión de residuos sólidos dentro de la propuesta adjunta. Debes utilizar exclusivamente los criterios definidos en la

rúbrica proporcionada. Restricción estricta: solo puedes usar los 4 niveles definidos en el documento: Excelente (4), Bueno (3), Básico (2) y Malo (1); además es obligatorio evaluar, de manera exacta, los 10 criterios definidos en la rúbrica por lo que la puntuación máxima sería de 40. Utiliza exactamente los criterios definidos, no inventes nombres o criterios que no se encuentren en la rúbrica. Para cada criterio: asigna un nivel de desempeño, explica claramente la razón de la calificación final. Presenta esta evaluación en una tabla con las siguientes columnas: primero el criterio evaluado, segundo el nivel o puntuación asignado y tercero la justificación de la calificación. Importante: al final de la tabla presenta la calificación general que será la sumatoria de todas las calificaciones puntuales de los criterios. Luego en un párrafo final preséntame los comentarios generales, las fortalezas y debilidades identificadas, así como recomendaciones para mejorar el diseño de la propuesta. Ya puedes proceder.

Resultados de la evaluación de la integración de la gestión de residuos.

Luego de obtener los prompts definitivos se accedió a cada IA especificada a continuación y se realizó el proceso mediante los “chats temporales”, que son aquellos que no utilizan la memoria guardada, muy parecido a la “ventana incognito” utilizada en los navegadores web. Las tablas hechas por las IAs se presentan en los anexos de este trabajo, asimismo, los resultados obtenidos en cada IA trabajada son los siguientes:

Google Gemini

Tabla de resultados en el Anexo J. Se utilizó el modo de pensamiento profundo: “Pensar”. La IA Google Gemini considera que la propuesta pedagógica ABP-STEM diseñada es un aporte valioso e innovador, principalmente porque responde a las problemáticas reales del manejo de residuos en el municipio de El Roble, Sucre. Además, destaca como principal fortaleza la organización clara de las cinco etapas del proyecto y el uso de rúbricas de evaluación formativa, ya que esto permite que la propuesta vaya más allá de solo recoger basura y promueva el pensamiento crítico y el uso de las ciencias. Sin embargo, también señala algunas debilidades: menciona que el tema de la reducción y reutilización de residuos tiene

poca profundidad frente a la clasificación de desechos; además, la relación con la estructura curriculares de la educación media colombiana se presenta de manera muy general. Igualmente, indica que exigir una bitácora únicamente digital puede ser una limitación debido a los problemas de conectividad que pueden existir tanto en la zona rural como urbana del municipio. Por último, recomienda fortalecer la propuesta incorporando de manera más explícita actividades relacionadas con las “3R” (reducir, reutilizar y reciclar), permitir también bitácoras físicas para facilitar su aplicación en contextos con poco acceso a internet y relacionar cada etapa del proyecto con los Estándares Básicos de Competencias y los DBA de Matemáticas y Ciencias Naturales para grados 10° y 11°.

ChatGPT

Tabla de resultados en el Anexo K. Se utilizó el modo de “Pensar”. Esta reconocida IA plantea que en general, la propuesta presenta una integración adecuada de la gestión de residuos sólidos dentro del enfoque ABP-STEM, especialmente por su relación directa con la problemática ambiental de El Roble y por la organización de las etapas. Entre sus principales fortalezas se destacan la contextualización de la propuesta, la articulación entre diferentes áreas, el desarrollo de actividades prácticas y el seguimiento constante del proceso de aprendizaje. No obstante, también se identifican algunas debilidades relacionadas con la viabilidad de aplicación de ciertos componentes y con la falta de indicadores más concretos que permitan evidenciar el impacto real de la propuesta. Por ello, se recomienda fortalecer aspectos como las condiciones de implementación, los recursos requeridos, el apoyo o coordinación con entidades externas y la definición de indicadores que permitan evaluar tanto los aprendizajes como los posibles cambios ambientales generados por el proyecto.

Microsoft Copilot

Tabla de resultados en el Anexo L. Se utilizó el modo “Razonamiento profundo”. Por su parte, Microsoft Copilot menciona que la propuesta ABP-STEM tiene una buena fundamentación teórica y metodológica, ya que adapta de manera pertinente los principios del ABP y STEM a la problemática de

los residuos sólidos en El Roble. Además, considera que la propuesta está bien estructurada porque incluye un diagnóstico contextual, etapas organizadas, actividades prácticas e instrumentos de evaluación formativa. También destaca que el enfoque basado en la indagación, el diseño de soluciones y la socialización de resultados resulta adecuado para estudiantes de décimo y undécimo, debido a que les permite asumir un rol más activo dentro de la comunidad. Entre las principales fortalezas, la IA resalta que la propuesta aborda diferentes temas relacionados con la gestión de residuos, como la reducción, separación, reciclaje, reutilización y disposición final. Asimismo, menciona que existe una buena relación con el contexto local gracias a las actividades de observación y diagnóstico, además de una metodología ABP-STEM clara y organizada. También valora positivamente el uso de rúbricas, bitácoras y procesos de auto y coevaluación, así como la articulación entre áreas como ciencias, matemáticas, ingeniería y tecnología.

Sin embargo, también identifica algunas debilidades. Por ejemplo, menciona que la propuesta no especifica claramente aspectos relacionados con los recursos, el presupuesto y la logística necesaria para desarrollar las actividades, especialmente en zonas rurales. Además, considera que faltan indicadores más concretos para medir el impacto ambiental y educativo del proyecto a mediano y largo plazo. Igualmente, aunque se plantea la importancia de trabajar con recicladores y entidades locales, no se explican de forma detallada las estrategias para establecer esas alianzas. Otra dificultad señalada es que el uso de plataformas digitales puede representar un problema en contextos con baja conectividad. Finalmente, la IA recomienda fortalecer la propuesta mediante un plan más detallado de implementación y recursos, la definición de indicadores de impacto, el establecimiento de alianzas con actores externos y la inclusión de alternativas físicas para las actividades y registros en lugares con acceso limitado a internet. También sugiere incorporar estrategias que permitan dar continuidad al proyecto, criterios de seguridad para el manejo de residuos y espacios de formación docente que faciliten el acompañamiento durante la implementación.

Evaluación de una estrategia ABP-STEM y gestión de residuos mediante docentes expertos en el área

Componente ABP-STEM

En esta fase del proyecto se presentan los resultados derivados de la evaluación realizada por un experto en Aprendizaje Basado en Proyectos y metodologías STEM, esta evaluación se llevó a cabo tomando como base la rúbrica propuesta por Pérez-Torres, Couso y Márquez (2020). El proceso de evaluación de la propuesta ABP-STEM fue realizado por Héctor Julián García Otálora, un profesional con sólida formación técnica y pedagógica como Ingeniero Electrónico y Magíster en Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Colombia, actualmente en formación doctoral en Educación e Innovación, lo que le otorga una visión integral para analizar proyectos educativos. Su trayectoria de más de una década en la implementación de metodologías activas como ABP y STEM, sumada a su experiencia en formación docente, diseño curricular y gestión de proyectos educativos en contextos reales y de alta complejidad, le permite evaluar la propuesta desde un enfoque tanto técnico como didáctico. Además, su experiencia docente en proyectos interdisciplinarios y su trabajo con estudiantes en contextos rurales y programas institucionales de gran impacto fortalecen la validez de su juicio, posicionándolo como un evaluador altamente competente para valorar la pertinencia, calidad e impacto del proyecto diseñado para la problemática del municipio de El Roble.

El docente realiza la evaluación de manera general para las 6 dimensiones, las cuales comprenden los 21 criterios de la rúbrica. Finalmente, el experto luego de darle un puntaje total de 72 sobre 84 (85.7%), concluye que la propuesta es de un nivel destacado y es aprobada por su parte para la implementación. El evaluador además resalta que la propuesta es sólida, coherente y pertinente para el contexto, destacando que solo un criterio se encuentra por debajo del nivel 3, lo cual evidencia un diseño pedagógico consistente. Sin embargo, señala que, para alcanzar un nivel de excelencia, es necesario fortalecer aspectos como la modelización científica, la profundización conceptual y la integración del enfoque STEM. La valoración asignada y la evaluación de cada criterio se evidencian en el Anexo M.

Componente de Gestión de Residuos

El proceso de evaluación y análisis de la propuesta en torno a la gestión de residuos se apoya en el perfil profesional de David de Jesús Álvarez Benavides, quien cuenta con una sólida formación en Ciencias Biológicas con énfasis en Biotecnología y una especialización en Informática Educativa, lo que le permite integrar conocimientos científicos y pedagógicos en la comprensión de problemáticas ambientales. Asimismo, se destaca su profundo conocimiento de la problemática y del entorno, derivado de su labor como docente en la institución durante más de 20 años. Además, su trayectoria desempeñándose como docente, líder pedagógico y coordinador institucional, respalda su experiencia en el diseño e implementación de estrategias didácticas innovadoras vinculadas con el contexto y el desarrollo sostenible. Adicionalmente, su labor como coordinador educativo y su experiencia en la formación de estudiantes y docentes en áreas de ciencias naturales, emprendimiento y uso de tecnologías fortalecen su capacidad para analizar propuestas relacionadas con la gestión de residuos desde una perspectiva educativa, ambiental y social. Su actual formación de maestría en Tecnología y Creatividad Educativa evidencia, además, un compromiso continuo con la innovación pedagógica, lo cual consolida su idoneidad para aportar criterios pertinentes en la evaluación de iniciativas orientadas a la solución de problemáticas ambientales en el contexto escolar y comunitario.

El docente presenta su evaluación basándose estrictamente en la rúbrica de evaluación para la gestión de residuos que se diseñó para evaluar la propuesta. El evaluador David Álvarez resalta desde su experiencia en ciencias naturales y educación ambiental que la propuesta diseñada es una estrategia muy llamativa y pertinente para el contexto de la institución, ya que logra articular de manera efectiva el conocimiento y aprendizaje con actividades prácticas que hacen parte del contexto inmediato del estudiante y promueve procesos de análisis y toma de decisiones basados en situaciones reales.

Se resalta que el proyecto va más allá de la enseñanza teórica al integrar la gestión de residuos como una práctica cotidiana, favoreciendo la formación de hábitos sostenibles y una conciencia ambiental crítica. Asimismo, el evaluador resalta fortalezas como la implementación integral del ciclo de gestión de residuos, la sólida contextualización en la problemática local, la promoción de la responsabilidad social y el desarrollo de actividades prácticas con impacto en la comunidad educativa. Sin embargo, también

sugiere fortalecer la articulación curricular incorporando con mayor profundidad conceptos ecológicos fundamentales, así como diseñar estrategias de evaluación específicas que permitan evidenciar cambios en el comportamiento ambiental y la apropiación conceptual, además de profundizar en la explicación científica de los procesos asociados a los residuos. Finalmente concluyendo con la evaluación el experto comenta que se trata de un modelo pedagógico sólido que integra conocimiento científico, práctica social y transformación del entorno, con un alto potencial para contribuir significativamente a la educación ambiental y al desarrollo de prácticas sostenibles en el contexto escolar y comunitario, que despertó gran interés en el para analizar una posible implementación en la institución.

Resultados y análisis de resultados

Diseño de la propuesta

Como resultado del proceso de diseño se obtuvo una propuesta educativa basada en el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y el enfoque STEM, orientada al abordaje de la problemática de gestión de residuos en el municipio de El Roble, Sucre. La propuesta fue concebida como una estrategia pedagógica contextualizada que busca promover en los estudiantes el análisis de problemáticas ambientales de su entorno y la construcción de soluciones fundamentadas en la investigación, el trabajo colaborativo y la integración de conocimientos interdisciplinarios. La estrategia se estructuró en cinco etapas secuenciales: sensibilización y formulación, definición, investigación, diseño y creación, y presentación y evaluación de propuestas. A través de estas etapas se plantea que los estudiantes identifiquen problemáticas relacionadas con la gestión de residuos, recolecten y analicen información, formulen preguntas orientadoras, diseñen e implementen posibles soluciones y socialicen los resultados obtenidos. De esta manera, la propuesta integra elementos propios de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas mediante actividades de indagación, análisis de datos, diseño de soluciones y evaluación de resultados. Asimismo, la propuesta incorpora herramientas de seguimiento y evaluación formativa, como bitácoras de trabajo, evidencias de aprendizaje y rúbricas de valoración, con el propósito de orientar el desarrollo del proyecto y favorecer procesos de reflexión sobre el trabajo realizado. De

igual manera, contempla actividades orientadas a la evaluación del impacto ambiental y social de las soluciones propuestas, promoviendo la toma de decisiones sustentadas en datos y evidencias, lo cual fortalece el desempeño en las áreas según los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA).

La propuesta diseñada evidencia una articulación entre los principios del ABP, el enfoque STEM y la problemática de gestión de residuos identificada en el contexto de estudio. Su estructura podría favorecer el desarrollo de procesos de aprendizaje activos y contextualizados, al plantear situaciones cercanas a la realidad de los estudiantes y promover la búsqueda de soluciones fundamentadas en la investigación y el análisis de información. Asimismo, la integración de actividades relacionadas con la indagación, el análisis de datos, el diseño de soluciones y el trabajo colaborativo podría contribuir al fortalecimiento de competencias científicas, tecnológicas y ambientales. De igual forma, la incorporación de espacios de reflexión y evaluación permitiría que los estudiantes reconozcan el impacto de sus acciones y comprendan la importancia de una gestión responsable de los residuos en su entorno. En este sentido, la propuesta constituye una alternativa pedagógica con potencial para promover la educación ambiental desde una perspectiva interdisciplinaria y contextualizada.

Análisis de Convergencia

El análisis de convergencia metodológica permitió contrastar los resultados obtenidos mediante las herramientas de Inteligencia Artificial (ChatGPT, Gemini y Copilot) con las valoraciones emitidas por los expertos humanos. En términos generales, se evidenció una alta coincidencia entre ambos tipos de evaluación, especialmente en aspectos relacionados con la pertinencia de la propuesta, su contextualización frente a la problemática de gestión de residuos y la coherencia entre los principios del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), el enfoque STEM y la educación ambiental.

Tanto las inteligencias artificiales como los expertos reconocieron fortalezas asociadas a la organización metodológica, la vinculación con una problemática real del contexto y el potencial de la propuesta para promover competencias como el trabajo colaborativo, la investigación y la resolución de

problemas. De igual forma coincidieron en señalar oportunidades de mejora relacionadas con el fortalecimiento de la integración STEM, la modelización científica y la evaluación del impacto de las acciones desarrolladas. Las principales diferencias radicaron en el enfoque de análisis. Mientras las herramientas de IA se concentraron en aspectos estructurales y metodológicos de la propuesta, los expertos incorporaron consideraciones relacionadas con la viabilidad práctica, el contexto escolar rural y la experiencia pedagógica. No obstante, las coincidencias identificadas permiten afirmar que las inteligencias artificiales generativas constituyen un recurso útil para realizar procesos de evaluación preliminar, resaltando que su uso resulta más pertinente cuando complementa, y no reemplaza, el juicio crítico de expertos humanos. En consecuencia, los resultados respaldan la implementación de modelos híbridos de validación que integren las ventajas del análisis automatizado de las herramientas de Inteligencia Artificial con la profundidad interpretativa de la evaluación especializada de expertos.

Conclusiones

Finalmente, este proyecto de grado representa un aporte significativo a la investigación pedagógica y ambiental, logrando demostrar con rigor metodológico el cumplimiento del propósito general establecido: estructurar una alternativa educativa viable y contextualizada para abordar la gestión de residuos en El Roble (Sucre) a través de la sinergia entre el Aprendizaje Basado en Proyectos y el enfoque STEM. Al contrastar el camino recorrido con las metas iniciales, se ratifica que el propósito transversal de la investigación se alcanzó satisfactoriamente, entregando un modelo didáctico que no solo promueve la alfabetización científica y tecnológica en estudiantes de educación media, sino que los posiciona como agentes de transformación comunitaria capaces de responder a las urgencias socioambientales de su territorio rural.

En primera instancia, el cumplimiento del primer objetivo específico permitió cimentar el proyecto sobre una base diagnóstica y contextual indiscutible. A través del análisis situacional y documental, se caracterizó detalladamente la problemática socioambiental de El Roble en relación con el

manejo de desechos sólidos, confrontándola de manera directa con el marco normativo legal vigente. Este ejercicio de caracterización expuso con claridad las debilidades regulatorias y operativas a nivel local, sirviendo como el insumo crítico y la brújula orientadora indispensable para que el diseño posterior de la propuesta pedagógica no fuese un ejercicio teórico aislado, sino una respuesta directa a las necesidades tangibles de la comunidad roblana.

En segunda medida, respecto al segundo objetivo específico, se logró establecer con éxito la plataforma teórica y metodológica de la investigación mediante la definición de los criterios didácticos y pedagógicos. La delimitación precisa de las pautas que gobiernan la articulación del ABP, las disciplinas STEM y la educación ambiental evitó el riesgo de una integración superficial. Por el contrario, este proceso permitió delimitar o establecer cada uno de los roles que el pensamiento de ingeniería, el análisis matemático y la indagación científica escolar debían cumplir para fortalecer el pensamiento ecológico y el trabajo colaborativo.

El tercer objetivo específico se materializó con éxito mediante el desarrollo constructivo de la propuesta educativa bajo la metodología ABP-STEM. Este diseño curricular integró armónicamente las realidades de la gestión de residuos del municipio con las mallas curriculares y los referentes de calidad exigidos para el contexto escolar rural. Organizada meticulosamente a través de las cinco etapas del proyecto (sensibilización y formulación, definición, investigación, diseño y creación, y presentación y evaluación), la propuesta superó las barreras tradicionales del aula rural, asegurando que los contenidos científicos obligatorios se asimilaran mediante la búsqueda activa de soluciones tecnológicas e inclusivas para la problemática del entorno.

El cuarto objetivo específico representó uno de los componentes más innovadores y disruptivos de la investigación, al contrastar la pertinencia, coherencia y viabilidad de la estrategia diseñada a través de un proceso de validación preliminar convergente. Este hito metodológico combinó la evaluación de herramientas de Inteligencia Artificial configuradas bajo el rol de Auditor Senior y guiadas exclusivamente por la rúbrica de Pérez-Torres, Couso & Márquez (2020) con el juicio crítico y la experiencia de expertos humanos. El análisis comparativo de ambos frentes evaluadores arrojó un alto

nivel de convergencia, validando que el diseño posee una sólida coherencia interna, un alto potencial de replicabilidad y una estructura didáctica idónea, minimizando sesgos y dotando al proyecto de un respaldo de calidad riguroso antes de su implementación institucional.

En resumen, se puede concluir que cada uno de los cuatro objetivos específicos trazados fue alcanzado en su totalidad, honrando plenamente el propósito del estudio. La investigación no solo deja un precedente metodológico sobre cómo utilizar la IA para auditar y robustecer diseños curriculares, sino que dota al municipio de El Roble de una estrategia pedagógica contextualizada, robusta y con el rigor académico necesario para transformar la cultura ambiental escolar desde la ciencia y la tecnología.

Visión prospectiva del proyecto

Lecciones aprendidas

- Para el diseño de propuestas educativas contextualizadas es pertinente un conocimiento previo de las problemáticas ambientales y las características del entorno donde se pretende implementar.
- La articulación del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y el enfoque STEM podría constituir una alternativa valiosa para abordar problemáticas ambientales desde una perspectiva interdisciplinaria, lo que favorece la conexión entre los contenidos escolares y las situaciones presentes en el entorno.
- La validación preliminar permitió identificar con precisión las fortalezas y aspectos a mejorar antes de una posible implementación, aportando elementos clave que contribuyen de manera directa al fortalecimiento de la propuesta.
- La utilización de herramientas de Inteligencia Artificial mostró potencial como apoyo en procesos de evaluación y validación educativa; sin embargo, también evidenció la necesidad de mantener una revisión crítica y la participación de expertos humanos en la interpretación de los resultados.

Fortalezas del proyecto

- Se diseñó una propuesta educativa contextualizada a una problemática ambiental identificada en el municipio de El Roble, Sucre, lo que garantiza su pertinencia dentro del contexto educativo local.
- La propuesta integra los principios del ABP y el enfoque STEM en una misma estrategia, promoviendo una visión interdisciplinaria para el abordaje de la gestión de residuos.
- El proceso de validación preliminar incorporó un enfoque convergente que combinó el juicio de expertos humanos con herramientas de Inteligencia Artificial, lo que permitió obtener diferentes perspectivas sobre la calidad y rigor de la propuesta.
- La estructura planteada podría facilitar su adaptación a otros contextos educativos que presenten problemáticas ambientales similares en zonas rurales
- La propuesta está dotada de actividades, recursos e instrumentos de evaluación formativa claramente estructurados que orientan con éxito futuras experiencias de implementación.

Oportunidades de mejora

- Se deben robustecer los componentes relacionados con la modelización científica y la formulación de indicadores de impacto podrían fortalecerse en futuras versiones de la propuesta.
- Es necesario incorporar de manera explícita mecanismos de seguimiento y evaluación que permitan valorar con mayor precisión los resultados obtenidos durante una eventual implementación.
- Asimismo, la propuesta requiere complementarse mediante la incorporación de indicadores a mediano y largo plazo que permitan evaluar el impacto de las soluciones implementadas en periodos posteriores a su ejecución.
- La propuesta puede enriquecerse sustancialmente mediante la incorporación de actividades complementarias que fortalezcan la articulación entre la escuela y otros actores clave dentro de la comunidad, como las asociaciones de recicladores locales.

Recomendaciones

- Se recomienda llevar a cabo una posterior implementación en el aula que permita analizar la viabilidad y aplicabilidad de la propuesta en un contexto educativo real.
- Se sugiere incorporar de forma sistemática las observaciones derivadas de la validación preliminar para fortalecer la coherencia, pertinencia y aplicabilidad de la propuesta educativa.
- Es fundamental promover espacios de formación docente relacionados con el ABP y el enfoque STEM y educación ambiental, con el fin de facilitar el uso y la aplicación de este tipo de estrategias activas.
- Resulta prioritario fortalecer los vínculos entre la institución educativa y los actores comunitarios involucrados en la gestión de residuos, de manera que las actividades propuestas puedan trascender el contexto escolar y generar un impacto social real.

Ideas para futuros proyectos

- Implementar en el aula la propuesta educativa diseñada y evaluar sus aportes al desarrollo de competencias STEM y de educación ambiental en los estudiantes, así como los cambios que se generen en las prácticas de gestión de residuos de la comunidad.
- Comparar de forma analítica los resultados obtenidos durante la validación preliminar con los hallazgos que surjan de una futura implementación de la propuesta.
- Analizar la percepción cualitativa y cuantitativa de docentes y estudiantes sobre el uso de propuestas ABP-STEM para abordar problemáticas ambientales en contextos rurales.
- Desarrollar investigaciones que permitan identificar con claridad los alcances y limitaciones éticas del uso de Inteligencia Artificial en procesos de diseño y validación de propuestas educativas.

Consideraciones éticas

La presente investigación se desarrolló respetando los principios de honestidad académica, transparencia en el uso de la información y respeto por la propiedad intelectual. Para la construcción de la

propuesta educativa se consultaron diferentes fuentes científicas, académicas e institucionales relacionadas con la educación ambiental, la gestión de residuos, el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), el enfoque STEM y la Inteligencia Artificial aplicada a la educación. Toda la información utilizada fue analizada, citada y referenciada de acuerdo con las normas establecidas, reconociendo los aportes de los autores consultados y evitando el uso inadecuado de la información. Asimismo, para la validación preliminar de la propuesta se contó con la participación de expertos en las áreas relacionadas al trabajo de grado. Su colaboración fue voluntaria y las valoraciones realizadas se emplearon únicamente con fines académicos, para analizar y reconocer las fortalezas y debilidades la propuesta educativa diseñada.

En cuanto al uso de herramientas de Inteligencia Artificial, específicamente Gemini, ChatGPT y Microsoft Copilot, estas fueron utilizadas como apoyo en el proceso de validación preliminar de la propuesta. Las valoraciones generadas por dichas herramientas no fueron asumidas como definitivas, sino que se analizaron de manera crítica y se contrastaron con las opiniones emitidas por los expertos. De esta forma, se buscó aprovechar sus aportes sin dejar de reconocer las limitaciones y posibles sesgos que pueden presentar este tipo de tecnologías. Asimismo, se utilizaron como apoyo para la organización de información y revisión de la redacción, en todos los casos, los resultados obtenidos fueron revisados y corregidos críticamente por los autores antes de su incorporación al trabajo. Finalmente, es importante señalar que esta investigación estuvo orientada al diseño y validación preliminar de una propuesta educativa, por lo que no implicó su implementación con estudiantes ni la recolección de información personal o sensible. En consecuencia, se considera una investigación de riesgo mínimo, dado que no representó afectaciones físicas, psicológicas o sociales para ninguna población participante.

Declaración de Transparencia Uso de IA

En el desarrollo de esta investigación se emplearon herramientas de Inteligencia Artificial (IA) no solo como apoyo en las actividades de validación preliminar de la propuesta educativa, sino también en tareas relacionadas con la revisión de la redacción y la organización de la información. Su utilización se

realizó bajo criterios de supervisión y análisis crítico por parte de los autores, quienes mantuvieron en todo momento la responsabilidad sobre las decisiones, las interpretaciones realizadas y los contenidos finales del trabajo. La siguiente declaración se presenta siguiendo las recomendaciones de la Biblioteca de la Universidad de Sevilla (2026) para la transparencia en el uso de herramientas de Inteligencia Artificial en trabajos académicos.

Para la validación preliminar del diseño de la propuesta educativa

1. **Herramienta(s):** Google Gemini, ChatGPT y Microsoft Copilot.
2. **Propósito:** Apoyar la validación preliminar de la propuesta educativa ABP-STEM mediante el análisis y revisión de la información contextual y de los componentes del diseño de la propuesta, así como la evaluación de los criterios establecidos a través de rúbricas previamente definidas.
3. **Prompts (Instrucciones):** Los prompts dados a las guías se pueden evidenciar en los apartados: *Diseño de lineamientos de Evaluación de propuestas académicas de ABP-STEM* y *Diseño de lineamientos de Evaluación de la integración de la gestión de residuos*.
4. **Integración:** Las respuestas proporcionadas por la IA se incorporaron como parte del proceso de validación preliminar de la propuesta educativa, permitiendo valorar los criterios definidos en las rúbricas y obtener evidencias para el análisis de los resultados de la investigación. Las tablas resultantes de esta evaluación del diseño mediante rúbricas se encuentran dentro de los Anexos, y su información fue copiada literalmente, sin embargo, si se realizó una paráfrasis de los comentarios realizados por las IAs respecto a comentarios generales, fortalezas, debilidades y recomendaciones respecto al diseño de la propuesta.
5. **Verificación:** Los resultados generados por la IA fueron analizados y revisados, con esto se verificó la consistencia de las valoraciones dadas y su correspondencia con los criterios definidos en las rúbricas de validación y con la información presentada en la propuesta educativa.
6. **Ética y Límites:** La responsabilidad sobre el contenido y las conclusiones de la investigación recae exclusivamente en los autores. La IA se empleó como apoyo en el proceso de validación

preliminar de la propuesta educativa, por lo que sus resultados fueron objeto de revisión e interpretación crítica y no constituyen evidencia definitiva ni sustituyen el juicio académico de los autores.

Para el apoyo en la revisión y organización del documento

1. **Herramienta(s):** Google Gemini y ChatGPT.
2. **Propósito:** Apoyar la organización de la información, la revisión de la redacción, la mejora de la claridad y coherencia de los textos, y la generación de sugerencias para la presentación de contenidos académicos.
3. **Prompts (Instrucciones):** Se emplearon instrucciones orientadas al apoyo en la escritura académica, tales como:
 - Mejorar la redacción del siguiente párrafo manteniendo su idea/estructura original.
 - Revisar la coherencia y cohesión del texto.
 - Proponer una estructura para el desarrollo de un apartado del trabajo.
 - Sugerir formas de organizar la información presentada.
 - Identificar posibles repeticiones, inconsistencias o problemas de claridad en la redacción.
4. **Integración:** Las respuestas generadas por la IA fueron utilizadas como apoyo para la revisión y mejora de los textos. Los contenidos fueron revisados, adaptados, modificados o reescritos de acuerdo con las necesidades de la investigación y no fueron incorporados de manera automática ni literal.
5. **Verificación:** Todas las sugerencias y textos generados por la IA fueron revisados, se verificó su exactitud, coherencia, pertinencia y correspondencia con las el texto proporcionado, y las fuentes consultadas, antes de su incorporación al presente documento.
6. **Ética y Límites:** Los autores asumen la responsabilidad total sobre el contenido final del trabajo. La IA se utilizó únicamente como herramienta de apoyo para la organización y revisión de la

redacción, sin sustituir el análisis crítico, la interpretación académica ni la toma de decisiones.

Asimismo, toda la información incorporada al documento fue revisada y contrastada con las fuentes correspondientes.

Referencias

Alcaldía Municipal de El Roble. (2018). Plan de Gestión Ambiental Municipal-PGAM- del Roble-Sucre.

Tomado de <https://www.elroble-sucre.gov.co/planes/plan-de-gestion-ambiental-municipal>

Arango-Caro, S., Langewisch, T., Ying, K., Arellano, M., Ly, N., Branton, C., & Callis-Duehl, K. (2025).

3D plants: the impact of integrating science, design, and technology on high school student

learning and interests in STEAM subjects and careers. *Discip Interdiscip Sci Educ Res* 7, 1.

<https://doi.org/10.1186/s43031-025-00120-4>

Arias, F. G. (2012). *El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica* (6.ª ed.).

Editorial Episteme.

Ayerbe López, J., & 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), 181–203.

<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2812>

Bascope, M., & Reiss, K. (2021). Place-Based STEM Education for Sustainability: A Path towards

Socioecological Resilience. *Sustainability*, 13(15), 8414. <https://doi.org/10.3390/su13158414>

Biblioteca de la Universidad de Sevilla. (2026). Uso de herramientas de inteligencia artificial generativa.

Guías de la BUS. <https://guiasbus.us.es/ia/uso>

Bishop, J.L. & Verleger, Matthew. (2013). The flipped classroom: A survey of the research. ASEE Annual

Conference and Exposition, Conference Proceedings. Recuperado de

https://www.researchgate.net/publication/285935974_The_flipped_classroom_A_survey_of_the_research

- Caballero, M., Lozano, S., & Ortega, B. (2007). Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: una perspectiva desde las ciencias de la tierra. *Revista digital universitaria*, 8(10), 1-12.
Tomado de: https://www.revista.unam.mx/vol.8/num10/art78/oct_art78.pdf
- Capraro, R. & Slough, S. (2013). Why PBL? Why STEM? Why now? an Introduction to STEM Project-Based Learning. In: Capraro, R.M., Capraro, M.M., Morgan, J.R. (eds) *STEM Project-Based Learning*. SensePublishers, Rotterdam. https://doi-org.crai-ustadigital.usantotomas.edu.co/10.1007/978-94-6209-143-6_1
- Carlina, E., & Djukri. (2018). Science Project-based Learning Integrated with Local Potential to Promote Student's Environmental Literacy Skills. *Advanced Journal of Social Science*, 4(1), 1–7.
<https://doi.org/10.21467/ajss.4.1.1-7>
- Castillo, R. (2010). La importancia de la educación ambiental ante la problemática actual. *Revista electrónica educare*, 14(1), 97-111. Tomado de:
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4780944>
- Ceballo, M. (2024). ¿Cuáles son los problemas ambientales más preocupantes de la actualidad? Universidad Areandina. <https://www.areandina.edu.co/blogs/cuales-son-los-problemas-ambientales-mas-preocupantes-de-la-actualidad>
- Chimwayange, C. (2024). Promoting student engagement using project based learning as service-based skills development. *International Journal of Technology and Design Education*, 1-18.
<https://doi.org/10.1007/s10798-024-09947-w>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2018). Infografía Censo Nacional de Población y Vivienda – Perfil territorial (70233) [Infografía].
https://sitios.dane.gov.co/cnpv/app/views/informacion/perfiles/70233_infografia.pdf
- Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). From Game Design Elements to Gamefulness: Defining Gamification. *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments, MindTrek 2011*. 11. 9-15. 10.1145/2181037.2181040.
Recuperado de

- https://www.researchgate.net/publication/230854710_From_Game_Design_Elements_to_Gamefulness_Defining_Gamification
- Escobar-Pérez, J. & Cuervo-Martínez, A. (2008). Validez de contenido y juicio de expertos: Una aproximación a su utilización. *Avances en Medición*. 6. 27-36. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/302438451_Validez_de_contenido_y_juicio_de_expertos_Una_aproximacion_a_su_utilizacion
- Funa, A. A. & Gabay, R. A. E. (2025). Bridging the gap among knowledge, attitudes, and behaviors toward sustainable development through I-STEM-PBL-ESD. *International Journal on Studies in Education (IJonSE)*, 7(2), 288-303. <https://doi.org/10.46328/ijonse.317>
- Galicia Alarcón, L. A., Balderrama Trápaga, J. A., & Edel Navarro, R. (2017). Validez de contenido por juicio de expertos: propuesta de una herramienta virtual. *Apertura (Guadalajara, Jal.)*, 9(2), 42-53. <https://doi.org/10.32870/ap.v9n2.993>
- Garreaud, R. (2011). Cambio climático: bases físicas e impactos en Chile. Tomado de: <https://bibliotecadigital.ciren.cl/server/api/core/bitstreams/0d3a2746-9e7e-44f8-97de-aa4440274ae4/content>
- Gavari-Starkie, E., Espinosa-Gutiérrez, P.-T., & Lucini-Baquero, C. (2022). Sustainability through STEM and STEAM Education Creating Links with the Land for the Improvement of the Rural World. *Land*, 11(10), 1869. <https://doi.org/10.3390/land11101869>
- Gómez, O., Peralta, J. A., & Oyaga, R. (2023). Estrategias pedagógicas para la enseñanza de la gestión integral de residuos sólidos en instituciones educativas. *Ingeniería E Innovación*, 10(2). <https://doi.org/10.21897/rii.3295>
- Grupo de Investigación, G. de I. (1978). Estudio sobre la educación para el desarrollo rural. *Revista Colombiana De Educación*, (2). <https://doi.org/10.17227/01203916.4970>
- Hamari, J., Koivisto, J., & Sarsa, H. (2014). Does Gamification Work? – A Literature Review of Empirical Studies on Gamification. In proceedings of the 47th Hawaii International Conference on System Sciences, Hawaii, USA, January 6-9, 2014. Recuperado de

https://www.researchgate.net/publication/256743509_Does_Gamification_Work_-_A_Literature_Review_of_Empirical_Studies_on_Gamification

He-Yueya, J., Goodman, N.D., & Brunskill, E. (2024). Evaluating and Optimizing Educational Content with Large Language Model Judgments. ArXiv, abs/2403.02795.

<https://doi.org/10.48550/arXiv.2403.02795>

Helle, L., Tynjälä, P. & Olkinuora, E. (2006). Project-Based Learning in Post-Secondary Education – Theory, Practice and Rubber Sling Shots. High Educ 51, 287–314.

<https://doi.org/10.1007/s10734-004-6386-5>

Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. McGraw-Hill Education. Tomado de

<https://repositorio.uasb.edu.bo/bitstreams/2a98d3b3-3702-4cd1-a611-e9794274ddac/download>

Hurtado de Barrera, J. (2010). Metodología de la investigación: Guía para la comprensión holística de la ciencia (5.ª ed.). Fundación Sygal.

Inicio, F., Capuñay, D., Estela, R., Valles, M., Vergara, S., & Elera, D. (2021). Inteligencia artificial en educación: una revisión de la literatura en revistas científicas internacionales. Apuntes

Universitarios, 12(1), 353-372. <https://doi.org/10.17162/au.v12i1.974>

Khalil, R. Y., Tairab, H., Qablan, A., Alarabi, K., & Mansour, Y. (2023). STEM-Based Curriculum and Creative Thinking in High School Students. Education Sciences, 13(12), 1195.

<https://doi.org/10.3390/educsci13121195>

Larmer, J. & Mergendoller, J. (2010). Seven Essentials for Project-Based Learning. Recuperado de

<https://www.ascd.org/el/articles/seven-essentials-for-project-based-learning>

López, J. A., & Palacios, F. J. P. (2024). Effects of a Project-Based Learning Methodology on Environmental Awareness of Secondary School Students. International Journal of Instruction, 17(1), 1–22. Retrieved from <https://e-iji.net/ats/index.php/pub/article/view/492>

- Markula, A., & Aksela, M. (2022). The key characteristics of project-based learning: how teachers implement projects in K-12 science education. *Discip Interdiscip Sci Educ Res* 4, 2. <https://doi.org/10.1186/s43031-021-00042-x>
- Martínez, M., & Carballo, L. (2013). La educación ambiental rural desde las escuelas básicas y por estas. *Revista Electrónica Educare*, 17(2), 69-79. http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-42582013000200005&lng=en&tlng=es.
- Mercier, A. K., Sivitskis, A. J., Torbert, J., & Vallier, K. (2025). Shaping change locally: a place-based STEM project's influence on rural elementary and middle grade students. *Front. Educ.* 10:1584805. doi: 10.3389/feduc.2025.1584805
- Miller, E. C. & Krajcik, J. S. (2019). Promoting deep learning through project-based learning: a design problem. *Discip Interdiscip Sci Educ Res* 1, 7. <https://doi.org/10.1186/s43031-019-0009-6>
- Miller, E. C., Severance, S., & Krajcik, J. (2021). Motivating Teaching, Sustaining Change in Practice: Design Principles for Teacher Learning in Project-Based Learning Contexts. *Journal of Science Teacher Education*, 32(7), 757–779. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2020.1864099>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2021). ¿Qué es el Cambio Climático?. <https://www.minambiente.gov.co/cambio-climatico-y-gestion-del-riesgo/que-es-el-cambio-climatico/>
- Ministerio de Educación Nacional [MEN]. (2016). Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA): V.2. Bogotá: MEN. <https://www.colombiaaprende.edu.co/recurso-coleccion/derechos-basicos-de-aprendizaje-en-todas-las-areas>
- Ministerio de Educación Nacional [MEN]. (2022). Más y mejor educación rural: avances hacia una política pública para la educación en las ruralidades de Colombia: nota técnica Recuperado de https://www.mineduacion.gov.co/1780/articles-363488_recurso_28.pdf
- Ministerio de Educación Nacional [MEN]. (2022). Orientaciones curriculares para el área de tecnología e informática en la educación básica y media. Colombia Aprende.

- <https://www.colombiaaprende.edu.co/contenidos/coleccion/orientaciones-curriculares-de-tecnologia-e-informatica>
- Mioduser, D. & Betzer, N. (2008). The contribution of Project-based-learning to high-achievers' acquisition of technological knowledge and skills. *Int J Technol Des Educ* 18, 59–77.
<https://doi.org/10.1007/s10798-006-9010-4>
- Muñoz-Collazos, C., & González-Serrano, C. (2025). Machine Learning Approaches for Evaluating STEM Education Projects Within Artificial Intelligence in Education: A Systematic Review of Frameworks and Rubrics. *Applied Sciences*, 15(23), 12812.
<https://doi.org/10.3390/app152312812>
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2025). K-12 STEM Education and Workforce Development in Rural Areas. Washington, DC: The National Academies Press.
<https://doi.org/10.17226/28269>
- Mir, P. (2024). El 94% del agua potable de la UE está contaminada con "químicos eternos". National Geographic. <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/contaminacion-del-agua>
- Palacios, J. M. (2015). Diseño de propuesta didáctica, que contribuya al buen manejo, recolección, y disposición final de los residuos sólidos, en los estudiantes de la institución educativa Esteban Ochoa de Itagüí. Recuperado de: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/55197>
- Parlamento Latinoamericano y Caribeño. (2021). Perspectivas de la gestión de residuos en América Latina y el Caribe. Tomado de <https://parlatino.org/wp-content/uploads/2017/09/perspectiva-gestion-residuos.pdf>
- Paternina Martínez, L. & Perdomo Useche, Y. L. (2025). Convirtiendo las basuras en oportunidades: gestión de residuos sólidos en institución educativa rural. *Gestión y Ambiente*, 27(2), 16.
<https://doi.org/10.15446/ga.v27n2.118992>
- Patton, A. (2012). Work that matters: The teacher's guide to project-based learning. Paul Hamlyn Foundation. Recuperado de <https://library.educase.edu/-/media/files/library/2012/2/csd6170-pdf.pdf>

- Pérez-Torres, M., Couso, D., & Márquez, C. (2020). ¿Cómo diseñar un buen proyecto STEM? Identificación de tensiones en la co-construcción de una rúbrica para su mejora. *Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación De Las Ciencias*, 18(1), 1301.
https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1301
- Pertiwi, T. U., Oetomo, D., & Sugiharto, B. (2024). The effectiveness of STEM Project-Based Learning in improving students' environmental literacy abilities. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 10(2), 476–485. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v10i2.33562>
- Polo, A. & González, F. (2022). Aprendizaje basado en proyectos para el fortalecimiento de la educación ambiental. <https://repository.libertadores.edu.co/server/api/core/bitstreams/06edee96-8a24-4220-9180-4c14040c0ceb/content>
- Power, G. (2009). El calentamiento global y las emisiones de carbono. *Ingeniería industrial*, (027), 101-122. Tomado de:
https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria_industrial/article/view/626/607
- Sánchez, S., Zúñiga Hinestroza, M. C., & García-Noguera, L. (2025). Estrategias Pedagógicas para la Reducción, Reutilización y Reciclaje de los Residuos Sólidos Inorgánicos: Una Revisión de la Literatura desde la Educación Ambiental. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(6), 7155-7179. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i6.15413
- Secretaría de Educación del Distrito. (2021). Guía para el manejo de residuos sólidos ordinarios en colegios oficiales y sedes administrativas: Plan Institucional de Gestión Ambiental (PIGA). Tomado de:
https://sig.educacionbogota.edu.co/isolucion/BancoConocimiento4SEDPro/B/BC821EB5-1F25-4E4B-A814-165A53C5E058/GuaParaElManejoDeLosResiduosSlidosEnLosColegiosOficialesySedesAdministrativasdeLaSED_VFfinal.pdf

- Setyowati, Y., Kaniawati, I., Sriyati, S., Nurlaelah, E. & Hernani, H. (2022). The Development of Science Teaching Materials Based on the PjBL-STEM Model and ESD Approach on Environmental Pollution Materials. Recuperado de <https://jurnal.usk.ac.id/JIPI/article/view/23571>
- Smith, N. (1997). ¿Qué es educación ambiental?. Recuperado de <http://www.jmarcano.com/educa/njsmith.html>.
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2021). Informe nacional de disposición final de residuos sólidos 2020. Gobierno de Colombia. Tomado de: https://www.superservicios.gov.co/sites/default/files/inline-files/informe_df_2020.pdf
- TerriData. (2024). El Roble, Sucre. Tomado de https://terridata.blob.core.windows.net/fichas/Ficha_70233.pdf
- Tessman, D., Rhone, K., & Roberson, R. (2025). After-school STEM programs: Fostering academic growth and STEM engagement in rural communities. *Chronicle of Rural Education*, 3(1). Recuperado de <https://ojs.library.okstate.edu/osu/index.php/chronicle-of-rural-education/article/view/10199/9044>
- Thomas, J. W. (2000). A review of research on project-based learning. Autodesk Foundation. Recuperado de http://www.bobpearlman.org/BestPractices/PBL_Research.pdf
- Tourón, J., y Santiago, R. (2015). El modelo Flipped Learning y el desarrollo del talento en la escuela. *Revista de Educación*, 368, 196–231. Recuperado de <https://www.educacionfpydeportes.gob.es/revista-de-educacion/numeros-revista-educacion/numeros-anteriores/2015/368/368-8.html>
- UNESCO. (2026). Qué debe saber acerca de la Educación para el Desarrollo Sostenible. Recuperado de <https://www.unesco.org/es/sustainable-development/education/need-know>
- Vargas, C., Gutiérrez, J., Vélez, D., Gómez, M., Aguirre, D., Quintero, L., y Franco, J. (2021). Gestión del manejo de residuos sólidos: un problema ambiental en la universidad. *Pensamiento & gestión*, (50), 117-152. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1657-62762021000100117&script=sci_arttext

- Winarni, E. W., Karpudewan, M., Karyadi, B., & Gumono, G. (2022). Integrated PjBL-STEM in Scientific Literacy and Environment Attitude for Elementary School. *Asian Journal of Education and Training*, 8(2), 43–50. <https://doi.org/10.20448/edu.v8i2.3873>
- Yetişensoy, O. (2025). Validity challenge in GenAI models: Evaluating the validity of content generated by text-to-image models in the context of social studies education. *Journal of Pedagogical Research*, 9(4), 81-101. <https://doi.org/10.33902/JPR.202535435>
- Zamora-de-Ortiz, M. S., Serrano-Pastor, F. J., & Martínez-Segura, M. J. (2020). Validez de contenido del modelo didáctico P-VIRC (preguntar-ver, interpretar, recorrer, contar) mediante el juicio de expertos. *Formación universitaria*, 13(3), 43-54. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062020000300043>