

DEL RESIDUO AL RECURSO: ESTRATEGÍA STEM PARA FORTALECER LA
EDUCACIÓN AMBIENTAL EN TORNO AL FUNCIONAMIENTO DE LOS RELLENOS
SANITARIOS

PRESENTADO POR:

CLARENA PEÑA CEBALLOS

ING. KARINT JINNETH MENDIVELSO ZAMBRANO

ASESORADO POR:

ANDREA CAROLINA SANCHEZ DIAZ

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA POLITÉCNICO GRANCOLOMBIANO

FACULTAD INGENIERÍA DISEÑO E INNOVACIÓN

MAESTRÍA EN EDUCACIÓN STEM

2026

Tabla de contenido

Introducción	4
1. Capítulo I	6
1.1 Introducción capítulo I	6
1.2 Contextualización del problema de investigación.....	7
1.2.1 Pregunta de investigación	9
1.2.2 Objetivos	10
1.3 Justificación	11
2. Capítulo II.....	13
2.1 Introducción Capítulo II	13
2.2 Estado Del Arte.....	15
2.3 Marco Teórico	20
2.3.1 Enfoque Educativo STEM	20
2.3.2 Competencias científicas y ambientales en estudiantes de educación básica	22
2.3.3 Teorías del aprendizaje aplicadas a STEM	24
2.3.3.1 Constructivismo: aprender desde la experiencia.....	24
2.3.3.2 Socio constructivismo de Vygotsky	25
2.3.3.3 Aprendizaje basado en problemas (APB)	25
2.3.4 Educación ambiental y sostenibilidad en las escuelas de primaria	26
2.3.5 Gestión integral de residuos sólidos y funcionamiento de los rellenos sanitarios	28
2.3.6 Educación STEM basada en problemas reales del territorio.....	29
2.4 Marco Conceptual	29
2.5 Marco normativo	32
3. Capítulo III	34
3.1 Introducción capítulo III	34
3.2 Metodología.....	35
3.2.1 Paradigma	35
3.2.2 Enfoque	35
3.2.3 Diseño y métodos.....	36
3.2.4 Alcance.....	38
3.2.5 Población.....	40
3.2.6 Fases.....	40

3.2.7 Criterios de calidad	42
3.2.8 Consideraciones éticas	43
4. Capítulo IV	45
4.1 Introducción	45
4.2 Resultados sociodemográficos	45
4.3 Hallazgos del Entorno: El Punto de Partida de las Aulas	46
4.3.1 Análisis de la Mediación Pedagógica y Evidencias de Aprendizaje	52

Tabla de anexos

Introducción

Recientemente, la preocupación por el manejo de los residuos sólidos y las consecuencias ambientales que estos traen consigo se han hecho más evidentes en diferentes regiones del país y de la ciudad Tunja, la capital del departamento de Boyacá no es la excepción. Estudios de tipo descriptivo, demuestran que en la ciudad de Tunja continúan presentándose deficiencias en la

gestión integral de residuos sólidos, especialmente en las etapas de generación, recolección y disposición final, asociados a una limitada apropiación ciudadana frente a estos procesos. (Segura Alonso, 2025). Día a día, en todas las comunidades se generan residuos que en muchos casos no llegan a ser manipulados de manera adecuada.

Esto ha generado la necesidad de fortalecer la educación ambiental desde edades tempranas, especialmente en edades donde los niños comienzan a desarrollar una actitud más crítica sobre su entorno. De acuerdo con Harlen (2015), durante la educación primaria, los estudiantes comienzan a construir explicaciones más elaboradas sobre situaciones que observan, desarrollan nuevas habilidades y mejoran su capacidad para reflexionar de una forma más crítica sobre problemáticas reales que observan en su contexto.

A partir de lo anterior, surgió interés por comprender como los estudiantes, especialmente los de grado quinto quienes están a punto de iniciar la básica secundaria, perciben los procesos que ocurren en un relleno sanitario y que tanto conocimiento tienen sobre el camino que recorre un residuo desde que se genera, hasta su disposición final. La experiencia que se ha vivido anteriormente en el aula muestra que, aunque los niños hablan de reciclaje y separación de los residuos, muchos desconocen que ocurre después, como funcionan realmente los rellenos sanitarios, la importancia que estos tienen en su territorio y cuáles son las consecuencias de una mala gestión de los mismos.

En consecuencia, se planteó la necesidad de diseñar una estrategia pedagógica basada en el enfoque STEM, que permitiera acercar a los estudiantes a estos procesos de una forma didáctica, práctica y significativa. Este trabajo nace, del deseo de conectar la educación con los retos ambientales que se presentan en el territorio, brindando herramientas para que los estudiantes participen de la construcción de soluciones responsables y sostenibles para su comunidad.

1. Capítulo I

1.1 Introducción capítulo I

El presente capítulo expone la base teórica con la cual se dio inicio al planteamiento de esta investigación. Inicialmente se presenta una contextualización que inicia desde la crisis global actual de residuos hasta llegar la situación específica de la ciudad de Tunja, Boyacá. Se define el problema de la investigación partiendo desde el análisis de las deficiencias ambientales que genera

la ausencia de competencias STEM, permitiendo estructurar objetivos que integran de forma unificada las dimensiones científica y ambiental .

1.2 Contextualización del problema de investigación

A nivel global, la producción descontrolada de residuos representa una de las mayores crisis de sostenibilidad del siglo XXI. Según Bogner et al. (2007), la gestión de residuos sólidos tiene un fuerte impacto sobre el cambio climático, especialmente por la emisión de gases en los lugares de disposición. Mientras que en Europa se ha avanzado hacia modelos de economía circular reincorporando los residuos y dándoles una mayor productividad (European Environment Agency, 2016), en Latinoamérica aun predomina la falta de cultura ciudadana y técnica con respecto a la disposición final de los residuos sólidos.

De igual manera en Colombia, la generación y destinación de residuos sólidos es crítica debido a la limitada vida útil de los rellenos sanitarios y al desconocimiento de la población sobre lo que ocurre con los desechos tras su recolección. Según el ministerio de vivienda, ciudad y territorio (2014), la gestión integral de los mismos requiere no solo infraestructura, sino una participación de la comunidad. Específicamente, la ciudad de Tunja, capital del departamento de Boyacá actualmente presenta deficiencias en varias etapas del manejo de residuos sólidos, según afirma Segura Alonso (2025).

Según el informe titulado “Rutas de recolección de residuos sólidos de Tunja” (ArcGIS StoryMaps, s. f.) las rutas de recolección de residuos muestran cobertura irregular y evidencian la necesidad de fortalecer la educación ambiental y la conciencia social con respecto a la disposición final de residuos, esto evidencia que la comprensión ciudadana sobre el destino final de los mismos y los impactos ambientales asociados con estos siguen siendo limitados, especialmente entre los

niños y niñas en edad escolar. Esta situación se refleja en el territorio en prácticas insuficientes de reciclaje, bajo conocimiento sobre tecnologías ambientales y poca apropiación de la responsabilidad de generación de residuos, así mismo, las deficiencias en la gestión de residuos sólidos en la ciudad de Tunja se evidencian en aspectos como generación, recolección y disposición final (Segura Alonso, 2025).

En este contexto educativo y territorial, los estudiantes de grado quinto de la institución Educativa City College San Amor muestran interés por los temas ambientales, presentan conocimientos parciales sobre temas como reciclaje, contaminación y manejo de residuos. Esta caracterización se sustenta en los resultados de las pruebas diagnósticas institucionales que se aplican de manera anual al inicio de cada año escolar, las cuales permiten identificar los saberes previos de los estudiantes en diferentes áreas del conocimiento. A partir de dichas pruebas, se evidencio que los estudiantes reconocen conceptos básicos relacionados con el cuidado del medio ambiente, pero presentan carencias en la comprensión de cómo funciona realmente un sistema de manejo integral de residuos y los procesos asociados a su disposición final.

Es necesario tener en cuenta que la educación ambiental implica un proceso continuo que busca generar conciencia, valores y competencias en las comunidades para afrontar problemáticas ecológicas, tal como lo afirman Jiménez y Vargas (2018, p. 319). En este contexto, los rellenos sanitarios conforman un referente importante para comprender como se gestionan los residuos a nivel Nacional.

Analizar el funcionamiento de los rellenos sanitarios en general permite a los estudiantes identificar procesos que se llevan a cabo en los mismo, como la clasificación de residuos, la compactación, el manejo de lixiviados, el control de gases que estos producen y su

aprovechamiento. Así mismo, permite comprender los desafíos que enfrenta el territorio, incluyendo la contaminación de suelos y aguas.

La verdadera crisis no es solo la excesiva producción de desechos sólidos en Tunja, sino la desconexión que existe entre la realidad del territorio y el proceso de aprendizaje de los estudiantes, quienes carecen de las herramientas necesarias para entender los procesos científicos y de ingeniería que se realizan detrás de un relleno sanitario o el valor económico de los desechos. Así, el reto principal de esta investigación consiste en integrar causas y efectos ambientales con competencias tecnológicas y matemáticas, permitiendo que los estudiantes pasen de reconocer una problemática ecológica a diseñar soluciones basadas en el pensamiento ingenieril y la economía circular.

1.2.1 Pregunta de investigación

La problemática identificada en la institución educativa City College San Amor no se limita únicamente a la mala disposición de residuos en la ciudad de Tunja, sino que se orienta a la desconexión entre el fenómeno ambiental y la formación de competencias ambientales (responsabilidad ambiental y manejo adecuado de residuos) y científicas (explicación de fenómenos e indagación). Por lo tanto, la causa del problema se encuentra en los escasos de un modelo de gestión de residuos en el territorio de Tunja, teniendo como consecuencia el deterioro temprano de la infraestructura sanitaria y la generación de lixiviados y biogás.

La raíz del problema de investigación surge en el hecho de que los estudiantes de grado quinto de la institución no poseen las herramientas del enfoque STEM. La consecuencia de esta carencia es un aprendizaje fragmentado, donde los estudiantes reconocen el impacto ambiental que genera la producción de residuos sólidos, pero no poseen la habilidad de aplicar su pensamiento científico

para diseñar soluciones a dicho problema. Esta brecha impide que el residuo sea percibido como un recurso aprovechable, limitando las capacidades de pensamiento crítico y científico de los estudiantes.

Para ello, se requiere de una estrategia con enfoque STEM que no solo refuerce la conciencia ecológica, sino que integre de forma interdisciplinar competencias tecnológicas e ingenieriles. A partir de lo anterior, se pretende dar respuesta a la siguiente pregunta, la cual busca potencializar el aprendizaje significativo en articulación con los objetivos y el enfoque del presente proyecto:

¿De qué manera una estrategia pedagógica con enfoque STEM permite fortalecer el conocimiento científico y ambiental sobre el funcionamiento y aprovechamiento de los rellenos sanitarios en los estudiantes de grado quinto de la Institución Educativa City College San Amor?

1.2.2 Objetivos

Objetivo general

Fortalecer las competencias de indagación científica y conciencia ambiental en los estudiantes de grado quinto de la institución educativa City College San Amor, mediante una estrategia pedagógica STEM basada en el funcionamiento de los rellenos sanitarios y la gestión de residuos.

Objetivos específicos

- Caracterizar el nivel inicial de la competencia de indagación y los conocimientos previos de los estudiantes de grado quinto sobre los residuos sólidos y rellenos sanitarios, mediante un pre-test.

- Diseñar una estrategia pedagógica con enfoque STEM que permita a los estudiantes de grado quinto fortalecer las competencias científicas y ambientales en relación con el funcionamiento de los Rellenos Sanitarios.
- Evaluar el desarrollo de la competencia de indagación y el impacto en el desarrollo de conciencia ambiental de los estudiantes sobre los procesos que se llevan a cabo en los rellenos sanitarios a partir de la aplicación de la estrategia.

1.3 Justificación

La presente investigación surge de la necesidad de mejorar los conocimientos científicos y ambientales sobre el funcionamiento de los rellenos sanitarios en la institución educativa City College San Amor, puesto que en contextos escolares como el de Tunja, se evidencia que los estudiantes poseen conocimientos fragmentados sobre el manejo de residuos, el reciclaje, la disposición final y el impacto que estos procesos generan en su territorio. Teniendo en los resultados que los estudiantes obtuvieron en las pruebas diagnósticas institucionales aplicadas al inicio del año escolar, se evidencia que los estudiantes reconocen conceptos básicos sobre el cuidado ambiental, pero presentan dificultades para explicar los procesos asociados a la disposición final de los residuos sólidos. Esto coincide con lo planteado por Jiménez y Vargas (2018), quienes señalan que la educación ambiental en la escuela suele abordarse de forma aislada, limitando la comprensión de las problemáticas ambientales. Por lo tanto, se ha visto la necesidad de diseñar e implementar una estrategia pedagógica con enfoque STEM que permita comprender el funcionamiento del Relleno promoviendo la integración entre ciencia Y matemática para desarrollar competencias prácticas y críticas.

El impacto que se desea alcanzar con esta investigación es lograr que los estudiantes adquieran conocimientos significativos por medio de metodologías activas y didácticas adaptadas a las necesidades de su territorio. A través de actividades experimentales, análisis de datos recolectados, resolución de problemas y estudio de casos, así, los estudiantes no solo adquieren nuevos conocimientos, sino que construyen competencias necesarias para proponer soluciones a problemas locales.

Colombia es un país en el que la gestión de residuos continua siendo un problema complejo, esto debido al creciente aumento de la generación de desechos y el limitado conocimiento sobre la disposición final de los mismos, lo cual ha generado la saturación de muchos rellenos sanitarios del país. Según afirman García, García Mogollón y Angarita (2023), la gestión de residuos solo puede ser efectiva cuando se articula con procesos educativos y con la implementación de estrategias que reduzcan la aglomeración en estos sitios de disposición final.

Estudios que se han realizado a nivel internacional resaltan que la educación orientada hacia la sostenibilidad contribuye de manera significativa a mejorar la comprensión del manejo adecuado de residuos y promueve la participación de los estudiantes en la creación de soluciones de problemáticas ambientales (Reyes et al., 2021). Esto evidencia la necesidad de crear e implementar estrategias pedagógicas innovadoras que acerquen a los estudiantes a problemáticas reales y relevantes para su territorio.

Integrar el enfoque STEM en el aprendizaje sobre el funcionamiento de los rellenos sanitarios permite comprender de manera más clara y profunda los procesos que se llevan a cabo en estos favoreciendo el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la comprensión de fenómenos ambientales. Además, la situación actual de los rellenos sanitarios en Colombia evidencia problemas de capacidad y contaminación, lo que demuestra la importancia de educar las nuevas

generaciones sobre medidas preventivas para evitar las consecuencias que trae consigo el mal manejo de los residuos. Según El nuevo siglo (2024), el colapso gradual de gran cantidad de rellenos sanitarios en el país demuestra la urgencia de fortalecer el hábito del reciclaje en la población colombiana y la educación ambiental como estrategias para reducir la presión sobre estos rellenos.

Este proyecto resulta adecuado debido a que busca diseñar e implementar una estrategia pedagógica para que los estudiantes de grado quinto comprendan el funcionamiento de los rellenos sanitarios y los beneficios que estos traen para su territorio; fortaleciendo así el desarrollo de competencias científicas y el pensamiento crítico, contribuyendo en gran medida a la formación de ciudadanos que comprendan su papel en la gestión adecuada de los residuos sólidos.

2. Capítulo II

2.1 Introducción Capítulo II

Este capítulo tiene como objetivo fundamentar teóricamente la investigación, establecer el estado actual del conocimiento y definir la postura conceptual que orienta el diseño de la estrategia

STEM. Estudios recientes destacan que los modelos educativos interdisciplinarios permiten relacionar los contenidos escolares con problemáticas reales del entorno, potenciando el pensamiento crítico y la resolución de problemas (Jiménez & Vargas, 2018). En particular, el enfoque STEM ha mostrado ser eficaz para mejorar la comprensión de fenómenos ambientales complejos, mediante el uso de actividades experimentales, modelación de procesos y análisis de datos (Reyes et al., 2021). Asimismo, se analizarán investigaciones que evidencian las dificultades que enfrentan instituciones educativas en ciudades como Tunja, donde persisten limitaciones en la comprensión del ciclo de los residuos, la disposición final, el manejo de lixiviados y la generación de biogás. Estos retos han sido señalados por diversos autores, quienes advierten sobre la saturación de rellenos sanitarios y la necesidad de fortalecer la educación ambiental desde edades tempranas (Segura Alonso, 2025). Este panorama reafirma la importancia de incorporar estrategias pedagógicas que permitan explicar de forma clara y contextualizada cómo operan los sistemas de gestión de residuos y cuáles son sus beneficios ambientales y económicos.

El capítulo también abordará las principales teorías del aprendizaje que respaldan la implementación del enfoque STEM en educación básica, como el constructivismo, el aprendizaje basado en problemas y el aprendizaje experiencial. Estas perspectivas sostienen que los estudiantes construyen conocimiento significativo cuando interactúan con situaciones reales, experimentan, formulan hipótesis y resuelven retos vinculados con su entorno inmediato (García et al., 2023). En este sentido, la comprensión del funcionamiento de los rellenos sanitarios puede ser fortalecida mediante proyectos STEM que involucren mediciones de residuos, análisis de datos sencillos, simulaciones del manejo de lixiviados y exploración del aprovechamiento del biogás.

Por último, se identificarán vacíos en la literatura respecto a la enseñanza del funcionamiento de los rellenos sanitarios en estudiantes de educación básica, ya que la mayoría de los estudios se concentran en niveles superiores o en análisis técnicos sin enfoque pedagógico. Esta brecha evidencia la necesidad de diseñar estrategias educativas que articulen STEM, educación ambiental y economía circular para estudiantes de grado quinto, favoreciendo la comprensión científica, la conciencia ambiental y la formación de ciudadanos responsables con su entorno.

2.2 Estado Del Arte

El estado del arte de la presente investigación se desarrollo a partir de una revisión sistemática de literatura, orientada por los lineamientos del protocolo PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), el cual permite garantizar un proceso idóneo en la selección y análisis de estudios científicos relevantes (Page et al., 2021).

La búsqueda de información se llevo a cabo en bases de datos académicas reconocidas a nivel nacional e internacional, entre las cuales se incluyeron Scopus, Google Academy, ERIC Y ScienceDirect dado que en estas se encuentran investigaciones relacionadas con educación STEM, educación ambiental y gestión de residuos sólidos. Adicionalmente, se consultaron documentos institucionales y normativos de organismos oficiales como UNESCO, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Ministerio de Educación Nacional, por su pertinencia para el enfoque educativo y territorial del estudio.

La revisión se delimito a los años comprendidos entre 2015 y 2025, con el fin de garantizar la actualización teórica del marco conceptual. Sin embargo, se incluyeron algunas referencias clásicas anteriores a este periodo cuando su aporte resulto fundamental para la comprensión de

teorías del aprendizaje, tales como los trabajos de Vygotsky (1978), Barrows (1986) y Hungerford y Volk (2004).

Para la selección de los estudios se establecieron criterios de inclusión, entre los cuales se consideraron: investigaciones relacionadas con educación STEM en contextos escolares; estudios sobre educación ambiental y sostenibilidad en educación básica; trabajos enfocados en la gestión integral de residuos sólidos, el funcionamiento de los rellenos sanitarios o la economía circular con enfoque educativo; artículos científicos, libros académicos y documentos institucionales revisados por pares o publicados por entidades oficiales.

Como criterios de exclusión, se descartaron investigaciones centradas exclusivamente en análisis ingenieriles sin enfoque educativo y documentos que no presentaran relación directa con la educación básica o con el contexto ambiental del territorio.

La identificación y selección de la literatura se desarrolló en varias etapas. En una primera fase, se realizó la identificación de documentos mediante la búsqueda por palabras clave como educación STEM, educación ambiental, gestión de residuos sólidos, rellenos sanitarios, pensamiento crítico y economía circular. Posteriormente, se efectuó una revisión de títulos y resúmenes para determinar la pertinencia de los estudios. Finalmente, se llevó a cabo una lectura completa de los textos seleccionados, lo que permitió realizar un análisis crítico de los aportes teóricos y empíricos más relevantes.

En diversas regiones de Colombia, se ha identificado que, si bien niños y niñas adquieren nociones generales sobre reciclaje, persisten vacíos significativos en la comprensión integral del ciclo de vida de los residuos, los procesos técnicos de los rellenos sanitarios y sus ramificaciones ambientales y económicas. (Tilbury, 2011) En el caso de la educación básica, Osborne (2014)

advierte que la ausencia de experiencias en la que se impliquen análisis de datos, discusión de problemas reales e indagación reduce significativamente la posibilidad de que los estudiantes fortalezcan su pensamiento científico y tomen decisiones ambientales responsables. De igual manera, la literatura reciente señala que la integración del enfoque STEM en la enseñanza de la sostenibilidad permite a los estudiantes comprender los problemas ambientales, fortaleciendo competencias científicas desde edades tempranas (Martín- Paéz et al., 2022).

Esta desconexión entre el conocimiento escolar y las problemáticas territoriales se refleja en instituciones educativas de Tunja, donde el conocimiento escolar a menudo permanece desvinculado de las problemáticas territoriales reales, limitando la formación del pensamiento crítico y la toma de decisiones responsables (Segura Alonso, 2025).

De igual manera, estudios previos, como los realizados por Jiménez y Vargas (2018), subrayan que la educación ambiental debe trascender la mera transmisión de conceptos aislados. Debe orientarse hacia experiencias vivenciales que permitan la comprensión de fenómenos reales. En este contexto, los rellenos sanitarios se configuran como escenarios pedagógicos clave para ilustrar la gestión de residuos en Colombia, abarcando procesos como la compactación, la impermeabilización, el tratamiento de lixiviados y la captura de biogás.

Diversos trabajos de investigación resaltan que la comprensión funcional de un relleno sanitario dota a los estudiantes de una visión ampliada sobre el impacto de sus hábitos de consumo y la relación directa entre la generación de desechos y la contaminación del suelo, el agua y el aire (Stevenson et al., 2017). De igual manera, la literatura evidencia que existe un creciente interés en integrar la dimensión económica en la educación ambiental. Esto permite a los estudiantes comprender cómo el reciclaje, el aprovechamiento energético del biogás y la gestión eficiente de

residuos pueden disminuir los costos operativos y extender la vida útil de estas infraestructuras (Kirchherr et al., 2017).

El enfoque STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) ha demostrado ser altamente efectivo para potenciar el aprendizaje en temáticas ambientales complejas. Permite a los estudiantes asimilar procesos mediante la experimentación, la modelación, el uso básico de tecnología y el análisis de datos. Reyes, Bolton y Vidal (2021) precisan que las experiencias STEM son particularmente efectivas cuando se desarrollan a partir de problemas contextuales reales. En el nivel de primaria, este enfoque facilita la interacción con modelos de celdas sanitarias, la simulación de la biodegradación, el cálculo de porcentajes de reciclaje y el análisis de datos sencillos sobre la generación de desechos, promoviendo así el aprendizaje a través de la experimentación, la modelación y la resolución de problemas contextualizados (English 2017). Estudios sobre la implementación de enfoques educativos integrados muestran que la educación ambiental dentro de propuestas SETAM promueven una comprensión mas profunda de la sostenibilidad y vincula el aprendizaje con experiencias contextualizadas de aula (Examining the implementation of environmental education in STEAM, 2025).

Investigaciones realizadas recientemente en Latinoamérica destacan como la educaion STEM, combinada con prácticas de educación ambiental fomenta a los ciudadanos a tener un pensamiento ecológico y a realizar acciones proambientales desde edades tempranas (Niño Gutiérrez et al., 2024). Además, se han identificado acciones pedagógicas efectivas para la transformación de residuos sólidos y la conservación del medio ambiente en instituciones educativas, lo cual fortalece la comprensión activa de procesos de gestión de los mismos y practicas sostenibles (López-Rodríguez y López, 2025)

De igual manera, estudios que han abordado la gestión de residuos sólidos desde un enfoque escolar, también han mencionado la relevancia de implementar estrategias pedagógicas como el aprendizaje basado en proyectos y el aprendizaje por indagación para promover competencias ambientales en estudiantes (Gómez Martínez et al., 2023). Así mismo, investigaciones sobre prácticas de educación ambiental en nivel escolar han demostrado mejoras en la adquisición de conocimientos relacionados con el manejo adecuado de residuos y hábitos saludables cuando se involucra la comunidad escolar (Evaluation of an environmental education program, 2024)

Estudios recientes realizados en contextos educativos internacionales refuerza esta afirmación. Timbangan, Salic-Hairulla y Madale (2025) desarrollaron e implementaron una estrategia STEM contextualizada sobre el manejo de residuos sólidos en estudiantes de grado cuarto, evidenciando un argumento significativo en los niveles de conocimiento, ciencia ambiental y prácticas responsables relacionadas con la separación, reducción, reutilización y reciclaje de residuos. Este estudio resalta la necesidad de intervenir desde la educación primaria para fortalecer actitudes ambientales sostenibles a largo plazo.

De igual forma, investigaciones realizadas en escenarios académicos recientes señalan que la educación ambiental con enfoque localizado mejora la asimilación de contenidos cuando los estudiantes logran relacionar los temas con su ciudad, su hogar y las problemáticas locales asociadas a la generación de residuos (E3S Conference, 2024). Estos estudios especifican que la contextualización del aprendizaje permite superar enfoques basados en la memorización y promueve la construcción de conocimientos aplicables en la realidad cotidiana.

La literatura especializada evidencia un vacío crucial: la mayoría de las investigaciones que vinculan rellenos sanitarios y STEM se concentran en educación media o contextos universitarios, existiendo una escasez de propuestas dirigidas específicamente a estudiantes de quinto grado de

primaria. Diversas investigaciones que vinculan la gestión de residuos sólidos con enfoque STEM se concentran principalmente en niveles de educación media, técnica o universitaria, privilegiando análisis para edades avanzadas y dejando en segundo plano su adaptación para estudiantes de primaria (Ferronato & Torretta 2019).

Esta ausencia de enfoques didácticos enfocados en la básica primaria, evidencia la necesidad de desarrollar estrategias STEM contextualizadas que permitan a los estudiantes de grado quinto comprender el funcionamiento de los rellenos sanitarios y su relación con el territorio de manera significativa. Los aportes de Hungerford y Volk (2004) se consideran en este estudio como un marco teórico fundamental para la educación ambiental, dado que sus postulados continúan siendo referenciados y retomados por investigaciones recientes orientadas al desarrollo de actitudes, valores y comportamientos ambientalmente responsables en contextos escolares.

La revisión sistemática de la literatura, permitió identificar, enfoques pedagógicos y vacíos de conocimiento relacionados con la integración de la educación STEM y la educación ambiental en la educación básica primaria. En particular, se evidenció una limitada producción investigativa orientada a la enseñanza del funcionamiento de los rellenos sanitarios desde una perspectiva STEM contextualizada, lo cual justifica la pertinencia y relevancia de la presente investigación.

2.3 Marco Teórico

2.3.1 Enfoque Educativo STEM

En este trabajo, el enfoque educativo STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) se ha consolidado como el modelo pedagógico interdisciplinario que utilizamos para integrar las ciencias naturales, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas en experiencias de aprendizaje significativo. Proponemos que los estudiantes construyan conocimiento a través de la

resolución de problemas, el diseño de soluciones y la experimentación, articulando los contenidos académicos con situaciones reales de su contexto (Reyes et al., 2021). A partir de lo anterior, STEM no se limita a enseñar disciplinas aisladas, sino que promueve una integración esencial entre ellas para fortalecer competencias científicas, tecnológicas y de pensamiento crítico desde edades tempranas.

Diversos estudios coinciden en señalar que el enfoque STEM favorece el desarrollo de habilidades esenciales para el siglo XXI, como la creatividad, la colaboración, el razonamiento lógico y la toma de decisiones fundamentadas (Jiménez & Vargas, 2018). A diferencia de los enfoques tradicionales, empleamos metodologías activas que permiten a los estudiantes explorar fenómenos, construir explicaciones científicas y aplicar conceptos matemáticos para interpretar datos. Este enfoque resulta especialmente relevante para nuestro proyecto, donde es necesario comprender problemáticas ambientales reales, como la gestión de residuos sólidos y el funcionamiento de los rellenos sanitarios.

Para los estudiantes de educación básica con los que trabajamos, las experiencias STEM han mostrado ser altamente efectivas. Diseñamos actividades adaptadas a su nivel cognitivo, como experimentos sencillos, construcción de modelos, análisis de datos guiado y resolución de retos contextualizados (García et al., 2023). Partimos de la premisa, señalada en la literatura, de que cuando los niños trabajan con proyectos que nacen de su entorno cercano, logran relacionar los conocimientos escolares con situaciones reales, lo que incrementa su motivación, participación y apropiación del aprendizaje (Segura Alonso, 2025).

En el contexto de la educación ambiental, el enfoque STEM nos permite abordar de manera práctica procesos como la degradación de residuos, la generación de biogás, el manejo de lixiviados y el impacto económico del reciclaje. A través de las actividades STEM que

implementaremos, los estudiantes podrán modelar el funcionamiento de un relleno sanitario, medir cantidades de residuos generados, analizar patrones de contaminación y proponer soluciones sostenibles para su comunidad. Se considera que esto convierte al enfoque STEM en una herramienta pedagógica clave para fortalecer la formación ambiental en estudiantes de grado quinto (Kelley & Knowles, 2016).

Finalmente, al incorporar el enfoque STEM en la enseñanza sobre problemáticas ambientales como la gestión de residuos sólidos, permite superar modelos memorísticos y promover una educación basada en la exploración, la evidencia y la comprensión crítica del territorio. Investigaciones recientes indican que este enfoque busca potenciar la capacidad de los estudiantes para entender fenómenos ambientales complejos y desarrollar un pensamiento científico y responsable frente al manejo de los residuos sólidos (Loucks-Horsley et al., 2015).

2.3.2 Competencias científicas y ambientales en estudiantes de educación básica

El desarrollo de competencias científicas y ambientales en la educación básica se ha convertido en un eje fundamental para formar ciudadanos capaces de enfrentar los desafíos sociales y ambientales del siglo XXI. En el caso de los estudiantes de grado quinto, estas competencias adquieren un valor especial, ya que se encuentran en una etapa en la que comienzan a formular explicaciones más elaboradas sobre los fenómenos que observan, establecen relaciones causales y comprenden la importancia de actuar frente a problemáticas de su entorno inmediato. Según el ministerio de educación nacional (2004) las competencias científicas permiten que los niños desarrollen habilidades para observar, formular preguntas, diseñar experimentos y compartir resultados, fortaleciendo su pensamiento crítico.

En regiones como Boyacá, donde la gestión inadecuada de residuos sólidos representa un reto ambiental constante, fortalecer el pensamiento crítico permite que los estudiantes reconozcan cómo sus acciones cotidianas se relacionan con la sostenibilidad del territorio. La investigación educativa demuestra que los niños desarrollan pensamiento crítico cuando se enfrentan a situaciones reales que requieren tomar decisiones fundamentadas, interpretar datos ambientales y reflexionar sobre las consecuencias de diferentes prácticas (Ennis, 2018). En este sentido, comprender el funcionamiento de los rellenos sanitarios constituye una oportunidad pedagógica para que los estudiantes conecten el aprendizaje escolar con una problemática tangible de su comunidad.

La integración del enfoque STEM en la educación primaria es uno de los mecanismos más eficaces para potenciar estas competencias. STEM promueve la investigación, la resolución de problemas, la experimentación y la modelación, permitiendo que los estudiantes construyan explicaciones científicas de fenómenos ambientales desde una perspectiva interdisciplinaria (English, 2017). Cuando los estudiantes trabajan con datos sobre la generación de residuos en su escuela, elaboran modelos de celdas sanitarias o experimentan con procesos de biodegradación, desarrollan habilidades científicas clave como la formulación de hipótesis, el análisis de variables y la interpretación de evidencias.

Por otra parte, la educación ambiental brinda el contexto necesario para que estas competencias se orienten hacia la acción. Según Stevenson et al. (2017), el pensamiento crítico dentro de la educación ambiental implica evaluar prácticas humanas, considerar sus impactos ecológicos y proponer soluciones sostenibles. En estudiantes de grado quinto, esto se traduce en analizar cómo sus hábitos de consumo influyen en la acumulación de residuos, cuestionar prácticas inadecuadas

de disposición final y reflexionar sobre la importancia del reciclaje para reducir la presión sobre los rellenos sanitarios.

El fortalecimiento de las competencias científicas (Explicación de fenómenos e indagación) y del pensamiento crítico en estudiantes de grado quinto es indispensable para comprender de manera profunda el funcionamiento de los rellenos sanitarios y los impactos ambientales y económicos de su operación. Integrar el enfoque STEM con la educación ambiental no solo favorece el aprendizaje significativo, sino que forma estudiantes capaces de interpretar fenómenos ambientales reales, tomar decisiones informadas y actuar como agentes transformadores dentro de su comunidad.

2.3.3 Teorías del aprendizaje aplicadas a STEM

El enfoque STEM se apoya en distintas teorías del aprendizaje que explican como los estudiantes desarrollan sus sentidos, como se relacionan con su entorno y como transforman la información en conocimiento. Estas teorías son muy útiles cuando se trabajan con problemáticas reales del territorio, como la gestión de residuos y el funcionamiento de los rellenos sanitarios, porque permiten que el aprendizaje sea más dinámico, más práctico y más significativo para los estudiantes.

2.3.3.1 Constructivismo: aprender desde la experiencia

Una de las bases mas relevantes de la educación STEM es el constructivismo, que afirma que los estudiantes aprenden mejor cuando manipulan, prueban, se equivocan y reconstruyen sus ideas. Investigaciones recientes han reforzado esta idea, señalando que las experiencias fortalecen la comprensión, especialmente en el entorno científico y ambiental.

Particularmente, estudios como el de English (2017) y Harlen (2015) destacan que los ambientes enfocados en STEM permiten que los estudiantes construyan modelos propios, usen materiales

reales y conecten sus experiencias con conceptos. En pocas palabras, los niños comprenden mejor lo que pueden tocar e investigar, lo que convierte al constructivismo en fundamento esencial de esta propuesta.

2.3.3.2 Socio constructivismo de Vygotsky

El trabajo colaborativo es la base fundamental de los proyectos STEM. Esta teoría, fue retomada recientemente por Stevenson, Brody y Wals (2017), quienes en su investigación afirman que aprender mediante la interacción con otros permite que los estudiantes desarrollen habilidades de comunicación, argumentación y pensamiento crítico.

En un proyecto como el nuestro, donde los estudiantes analizan los datos sobre el manejo de residuos esta teoría se evidencia de forma clara cuando los niños trabajan en equipo, discuten soluciones y construyen conclusiones; aprenden a pensar juntos sobre un problema real de su ciudad.

2.3.3.3 Aprendizaje basado en problemas (APB)

Este modelo sustentado en aportes realizados por Barrows (1986) plantea que el aprendizaje es mucho mas significativo para los estudiantes cuando enfrentan situaciones reales que requieren de investigación, análisis y toma de decisiones. En el contexto ambiental el APB permite que los estudiantes aborden preguntas como: ¿Qué pasa con los residuos de nuestra institución?, ¿Cómo se trata el biogás en un relleno sanitario? Y ¿Qué practicas pueden reducir la contaminación? De esta manera, la resolución de problemas se transforma en la base del aprendizaje, fortaleciendo el pensamiento crítico y científico.

En conjunto estas teorías demuestran que el enfoque STEM no solo mejora el desarrollo de habilidades científicas, tecnologías y matemáticas, sino que potencia aprendizajes profundos y

contextualizados. Al integrar actividades experimentales, trabajo colaborativo y resolución de problemas reales, se promueve un aprendizaje significativo y que contribuye a la formación de estudiantes críticos.

2.3.4 Educación ambiental y sostenibilidad en las escuelas de primaria

La educación ambiental en la escuela primaria constituye un eje fundamental para la formación de ciudadanos conscientes y responsables frente a los desafíos socioambientales actuales, al promover desde edades tempranas la construcción de valores y comportamientos enfocados a la sostenibilidad (UNESCO, 2017). En regiones como Boyacá, donde el manejo de residuos sólidos representa un reto significativo, enseñar sostenibilidad a los estudiantes de grado quinto permite comprender el impacto que generan sus hábitos diarios y relacionarlos con problemáticas reales del territorio. Según Sauvé (2019), la educación ambiental debe enfocarse en desarrollar una conciencia crítica que vincule el conocimiento científico con la responsabilidad social, promoviendo la acción transformadora desde edades tempranas.

En esta etapa escolar, los estudiantes están en capacidad de comprender conceptos como separación en la fuente, reciclaje, biodegradación, contaminación y economía circular, siempre que se utilicen metodologías activas que favorezcan la exploración y la construcción de significados. Desde una perspectiva constructivista (Vygotsky 1978) sostiene que los niños aprenden mejor cuando relacionan los contenidos académicos con su entorno y cuando participan en actividades colaborativas que promueven la reflexión. En este sentido, estudiar el funcionamiento de los rellenos sanitarios, incluyendo la producción de lixiviados, el manejo del biogás, la compactación de residuos y el aprovechamiento de materiales brinda a los estudiantes de grado quinto la oportunidad de comprender procesos ambientales de forma concreta y cercana.

Diversos estudios empíricos y revisiones en educación ambiental demuestran que las propuestas pedagógicas basadas en el análisis de problemáticas ambientales locales favorecen prácticas sostenibles dentro y fuera del aula. Investigaciones como las de Chawla y Derr (2012) evidencian que cuando los estudiantes trabajan situaciones reales de su contexto, se fortalece la conciencia ambiental, la participación y la transferencia de comportamientos responsables a su vida cotidiana. Para Tilbury (2011), el aprendizaje para la sostenibilidad debe estar fundamentado en la investigación, el pensamiento crítico y la toma de decisiones informadas. Esto implica que los estudiantes no solo reciban información sobre los residuos, sino que participen activamente en experiencias que les permitan medir, analizar y proponer soluciones a problemáticas reales de su comunidad. En el caso de Boyacá, donde existen dificultades en la gestión integral de residuos, esta perspectiva educativa resulta esencial para fomentar cambios en la cultura ciudadana.

La integración de la sostenibilidad con el enfoque STEM potencia aún más estos aprendizajes. A través de actividades experimentales, diseño de modelos simples de rellenos sanitarios, interpretación de datos y simulación de procesos ambientales, los estudiantes desarrollan pensamiento científico y competencias para comprender cómo la ciencia y la tecnología intervienen en la gestión de residuos. Según UNESCO (2020), la educación STEM permite que los niños conecten el aprendizaje con desafíos ambientales contemporáneos, fortaleciendo su capacidad para analizar evidencias y proponer soluciones innovadoras.

Por otra parte, la dimensión económica también forma parte de la educación ambiental integral. De acuerdo con Kirchherr, Reike y Hekkert (2017), la economía circular no solo reduce la presión sobre los rellenos sanitarios, sino que genera beneficios económicos asociados al aprovechamiento de materiales y la disminución de costos de disposición final. Introducir estos conceptos a

estudiantes de grado quinto les permite comprender que el manejo adecuado de los residuos tiene implicaciones sociales, ambientales y económicas que impactan directamente a su territorio.

2.3.5 Gestión integral de residuos sólidos y funcionamiento de los rellenos sanitarios

La gestión de los residuos sólidos consiste principalmente en la forma en que las ciudades manejan y disponen de todo aquello que se desecha día a día buscando evitar que los residuos contaminen el suelo, el agua o el aire. Este sistema incluye etapas como: separar, recolectar, transportar, aprovechar y finalmente, disponer de aquellos desechos que ya no pueden ser recuperados, de acuerdo con los lineamientos de gestión integral de residuos sólidos en Colombia (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

Segura Alonso (2025) afirma que, en Tunja, la falta de información en los ciudadanos ha contribuido al deterioro de los procesos que se llevan a cabo dentro del sistema de recolección y manejo de residuos, lo que genera una urgencia de fortalecer la educación que se aborda con respecto a este tema en las escuelas.

Sin embargo, actualmente en el país muchos rellenos sanitarios están llegando al límite de su capacidad debido al aumento de residuos y al deficiente manejo de los mismos. Desde una perspectiva contextual, medios de divulgación nacional como El nuevo siglo (2024) han señalado que esta situación de no ser controlada puede convertirse en una crisis ambiental si no se mejoran los hábitos de manejo de residuos en el país.

Entender como funciona un relleno sanitario ayuda en gran medida a que los estudiantes visualicen un proceso que para ellos es desconocido y visualicen la relación de este proceso con su entorno.

2.3.6 Educación STEM basada en problemas reales del territorio

La educación STEM es mucho mas efectiva cuando esta se conecta con problemas reales del territorio. Reyes, Bolton y Vidal (2021) señalan que cuando los niños analizan problemáticas ambientales reales desarrollan una conciencia mas fuerte sobre el papel que ellos tienen en su comunidad y fortalecen su pensamiento crítico.

En ciudades como Tunja, trabajar con problemas locales permite que los estudiantes conecten lo que aprenden en el aula con lo que sucede en su barrio, en su colegio o incluso en su hogar. Stenson et al. (2017) Respaldan esta perspectiva, pues enfatizan en su investigación que la educación ambiental se fortalece cuando se articula con experiencias reales del territorio, permitiendo que los estudiantes comprendan no solo que ocurre en su territorio, sino por que ocurre y como podrían actuar frente a ello.

En pocas palabras, la educación STEM basada en problemas reales permite formar estudiantes capaces de analizar datos, de proponer soluciones y de tomar decisiones relacionadas con su entorno; conectando lo que aprenden con la realidad de su ciudad, creciendo como ciudadanos y descubriendo que tienen la capacidad de transformar su territorio.

2.4 Marco Conceptual

Manejo de Residuos

El manejo de residuos, también denominado gestión integral de residuos sólidos, hace referencia al conjunto de acciones orientadas a reducir la generación de residuos y a garantizar su manejo adecuado desde el inicio de su producción hasta su destinación final. Este proceso comprende etapas como la separación, recolección, transporte, aprovechamiento y disposición final de aquellos residuos que no pueden ser reaprovechados con el objetivo de minimizar los impactos ambientales y proteger la salud pública (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

La gestión integral de residuos busca tanto controlar los efectos negativos asociados a la acumulación de estos, como promover el uso eficiente de los recursos mediante prácticas de reducción, reutilización y reciclaje. Un manejo adecuado de los residuos contribuye a disminuir la contaminación del suelo, el agua y el aire, así como optimizar el funcionamiento de los rellenos sanitarios (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2014).

Residuos solidos

Los residuos sólidos son todos aquellos materiales que se desechan a diario, como plástico, papel, vidrio, restos de comida o envases desechables. Estos residuos pueden clasificarse en aprovechables, orgánicos y no aprovechables, dependiendo de su capacidad para ser utilizados o reciclados.

Hablar de residuos no solamente abarca los desechos, sino también las consecuencias ambientales, sociales y económicas que se generan desde el momento en que cada persona toma la decisión de desechar algo. Por eso, comprender que son, como se clasifican y que destino final tienen es fundamental.

García et al. (2023) destacan que la creciente producción de residuos en Colombia genera un desafío ambiental preocupante, especialmente en ciudades donde la capacidad de los rellenos sanitarios es limitada. También aseguran que la falta de separación de los mismos es una de las principales causas del colapso de disposición final.

Relleno Sanitario

Los rellenos sanitarios son una obra de ingeniería diseñados para la disposición final de los residuos solidos no aprovechables, mediante un proceso controlado que busca minimizar los impactos ambientales y sanitarios asociados a esta actividad. A diferencia de los botaderos descubiertos, los rellenos sanitarios cuentan con sistemas de impermeabilización del suelo, manejo

de lixiviados, captación de gases y cobertura periódica de los residuos, lo que permite reducir en gran medida la contaminación del suelo, el agua y el aire. (European Environment Agency, 2016)

Biogás

Es un gas que se genera como consecuencia del proceso de descomposición de los residuos orgánicos que se depositan en los rellenos sanitarios, cuando estos residuos se degradan por la acción de los microorganismos. Este gas este compuesto principalmente por metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2), junto con pequeñas cantidades de otros compuestos como sulfuro de hidrógeno y vapor de agua (Christensen, 2011). Cuando no es captado ni gestionado adecuadamente, el metano que se libera a la atmósfera contribuye de manera significativa al efecto invernadero, dado que posee un potencial de calentamiento global superior al que genera el dióxido de carbono (Borgner et al., 2017).

Lixiviados

Los lixiviados son líquidos que se generan en los rellenos sanitarios a partir de la infiltración del agua de lluvia, la humedad de los residuos y los procesos de descomposición de la materia orgánica. Al ser colados a través de las capas de residuos sólidos, estos líquidos arrastran compuestos orgánicos, metales pesados, sales y otros contaminantes, lo que les brinda un alto potencial de impacto ambiental (Christensen, 2011).

La composición de los lixiviados varía según la edad del relleno sanitario, el tipo de residuos dispuestos en este, las condiciones climáticas y el diseño del sistema de disposición final. Cuando los lixiviados no son recolectados y manejados de la forma correcta, pueden infiltrarse en el suelo y contaminar cuerpos de agua tanto superficiales como subterráneos, afectando ecosistemas y fuentes de abastecimiento de agua, pues en etapas iniciales de los rellenos sanitarios, los lixiviados suelen presentar una alta carga orgánica y elevada toxicidad. (Health Organization, 2017)

2.5 Marco normativo

El presente proyecto de investigación se basa en el marco normativo colombiano relacionado con la protección ambiental, la gestión integral de residuos sólidos y la educación ambiental, el cual orienta las acciones del estado y de las instituciones educativas con todo lo relacionado con el manejo responsable de los recursos naturales y la formación de ciudadanos ambientalmente responsables.

Constitución política de Colombia (1991)

La constitución política de Colombia establece los principios fundamentales para la protección del ambiente. En su artículo 79 se reconoce el derecho de todas las personas a gozar de un ambiente sano y pone sobre el estado la responsabilidad de proteger la diversidad e integridad ambiental. Así mismo, el artículo 67 define la educación como un derecho fundamental, orientado a la formación integral del ser humano, lo que sustenta la incorporación de la educación ambiental en los procesos formales desde la educación básica. (Congreso de la República de Colombia, 1991).

Decreto 1077 del 2015

Decreto único reglamentario del sector vivienda, ciudad y territorio, reglamenta la gestión integral de residuos sólidos en Colombia. Este decreto define las etapas del manejo de residuos, que incluyen la separación en la fuente, la recolección, el transporte, el aprovechamiento y la disposición final, así como las condiciones óptimas en las que deben funcionar los rellenos sanitarios. Esta normativa constituye un referente clave para comprender los procesos de disposición final de los residuos abordados en el presente proyecto (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2015).

Política Nacional para la gestión Integral de Residuos Sólidos (PNGIRS)

Establece lineamientos encaminados a la reducción en la generación de residuos, el fortalecimiento de los procesos de aprovechamiento y su disposición final adecuada. Esta política resalta la importancia de la educación ambiental y la participación ciudadana como elementos esenciales para mejorar la gestión de los residuos en cada territorio del país, lo cual refuerza la oportunidad de trabajar estos contenidos en el contexto escolar (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

Política Nacional de Educación Ambiental

Esta política formulada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Ministerio de Educación Nacional, promueve la integración del enfoque ambiental en los procesos educativos formales y no formales. Esta política recalca la necesidad de abordar las problemáticas ambientales desde el contexto local, favoreciendo el desarrollo del pensamiento crítico y la participación de los estudiantes en la búsqueda de soluciones a los desafíos ambientales que se presentan en su territorio (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible & Ministerio de Educación Ambiental, 2002).

Plan Nacional de Desarrollo Vigente

Incorpora la sostenibilidad ambiental como un eje transversal del desarrollo del país, promoviendo acciones encaminadas a la gestión adecuada de los residuos sólidos, la protección de los ecosistemas y el fortalecimiento de la educación ambiental. Este marco normativo refuerza la importancia de implementar estrategias educativas que contribuyan a la formación con enfoque ambiental de los estudiantes y el cuidado responsable de su entorno desde la escuela (Departamento Nacional de planeación, 2022).

Resolución 2184 del 2019

Establece el código de colores para la separación de residuos sólidos en la fuente a nivel nacional, con el propósito de facilitar su clasificación y promover el aprovechamiento de los residuos reciclables. Esta normativa tiene especial importancia en el ámbito educativo, ya que fomenta la adopción de prácticas ambientales responsables y contribuye al fortalecimiento de la cultura sostenibles desde edades tempranas (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019).

3. Capítulo III

3.1 Introducción capítulo III

El presente capítulo tiene como fin presentar la descripción detallada de la ruta metodológica diseñada para alcanzar cada uno de los objetivos de la investigación. El marco metodológico presenta tanto la descripción de las herramientas, como la justificación del proceso seleccionado para integrar la educación STEM con la realidad del contexto en Tunja. Además, se fundamenta el paradigma y enfoque seleccionados para sustentar el estudio, detallando el diseño de investigación, la caracterización de la población, las fases de desarrollo y los instrumentos que garantizan el fortalecimiento de las competencias ambientales de los estudiantes de City College San Amor.

3.2 Metodología

3.2.1 Paradigma

La presente investigación adopta el paradigma sociocrítico, el cual considera que el conocimiento se construye a partir de las necesidades de los grupos y tiene como objetivo transformar la realidad social (Alvarado y García, 2008). Teniendo en cuenta que la investigación tiene como propósito fortalecer la conciencia ambiental de los estudiantes y desarrollar competencias científicas y ambientales mediante la alfabetización científica, la elección del paradigma sociocrítico es fundamental.

La orientación pragmática coincide con la estructura de la investigación, esto debido a que permite cerrar la brecha entre el conocimiento técnico sobre el relleno sanitario y el contexto real del territorio. De igual manera, la presente investigación no se limita a la enseñanza teórica sobre el manejo de residuos sólidos, sino que busca una transformación de los estudiantes, permitiendo que desarrollen habilidades prácticas que les permitan minimizar los impactos ambientales que estos tienen en su comunidad. En consecuencia, el paradigma sociocrítico se refleja en la capacidad de los estudiantes para transformar un problema real en una oportunidad de aprendizaje significativo y diseño de soluciones innovadoras y sostenibles.

3.2.2 Enfoque

La investigación adopta un enfoque mixto, esto debido a que dicho enfoque permite medir el nivel de adquisición de competencias científicas mediante pruebas pretest y post-test, así mismo, comprender el desarrollo de la conciencia ambiental de los estudiantes a través de la implementación estratégica.

Esta combinación metodológica permite obtener una visión completa del fenómeno estudiado, donde por una parte los datos cuantitativos ofrecen evidencia sobre el proceso académico, mientras

que por otra parte el análisis cualitativo profundiza en las actitudes y soluciones creativas que los estudiantes desarrollan frente a la problemática de la producción de residuos en tu territorio. Así, el enfoque mixto se transforma en la herramienta mas práctica para evaluar la efectividad de la estrategia STEM para fortalecer la conciencia ambiental de los estudiantes. Lo anterior, no solo permite cuantificar el aprendizaje, sino también cualificar la capacidad de los estudiantes de grado quinto para actuar como ciudadanos capaces de disminuir el impacto ambiental en su territorio a través de la ingeniería y el pensamiento crítico.

3.2.3 Diseño y métodos

La presente investigación tiene como propósito fortalecer las competencias científicas y ambientales con respecto al funcionamiento de los rellenos sanitarios en la comunidad de la institución educativa City College San Amor, en la ciudad de Tunja (Boyacá), mediante la implementación de una estrategia pedagógica con enfoque STEM. En el ámbito pedagógico, busca mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje a través de prácticas interdisciplinarias que integren ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, fomentando el pensamiento crítico y el compromiso ambiental con el territorio. Teniendo en cuenta lo anterior, la presente investigación adopta un diseño de Investigación- Acción Pedagógica. Este método permite que el docente actúe como investigador de su propia práctica, facilitando el proceso de diagnóstico, planeación, acción y reflexión. (Restrepo, 2004). En este sentido, la estrategia STEM actúa como eje transformador que permite que los estudiantes de grado quinto de la institución pasen de la teoría a la creación de prototipos funcionales como las maquetas, resolviendo así problemas reales de su entorno. Así mismo, teniendo en cuenta el enfoque mixto, se empleará un diseño cuasi-experimental de tipo pre-test y post-test de un solo grupo, lo que permitirá validar el fortalecimiento de las competencias mediante la comparación de los resultados.

Instrumentos de recolección de datos.

En primer lugar, se implementará un cuestionario de conocimientos de selección múltiple, estructurado como una prueba de pre-test y post-test con el fin de cuantificar el avance en la dimensión cognitiva de los participantes con respecto al funcionamiento de los rellenos sanitarios y procesos tanto físicos, como químicos en la generación de lixiviados. Adicionalmente, se utilizará una rubrica de evaluación desde el componente cualitativo, la cual permitirá valorar el desempeño de los estudiantes, centrando el análisis de la capacidad de los estudiantes de transformar los residuos en recursos. Finalmente, se llevará un diario de campo en el cual se consignarán las observaciones sobre la interacción de los estudiantes con la estrategia STEM, sus falencias y transformaciones. La combinación de estos instrumentos permite realizar la comparación de los resultados cuantitativos con las evidencias descriptivas del proceso pedagógico.

A continuación, se presenta la tabla de operacionalización de variables, la cual sintetiza las relaciones entre variables, sus dimensiones, indicadores y los instrumentos utilizados para su medición.

Tabla 1. Operacionalización de Variables

Variable	Dimensiones/ Subvariables	Indicadores	Definición operacional	Instrumento
Estrategia integradora STEM	Diseño e integración	Numero de áreas STEM articuladas por actividad.	Percepción de los estudiantes sobre la conexión entre materias.	Diario de campo

	Metodología activa (APB)	Fases del ciclo de diseño de ingeniería completadas	Evidencia de autonomía y roles durante trabajo colaborativo	Bitácora y rubrica
Educación ambiental	Dimensión conceptual y procedimental	Porcentaje de aciertos en el post-test sobre los procesos de generación de lixiviados y biogás.	Explicaciones sobre el funcionamiento de los rellenos.	Pre-test y post-test
	Dimensión de conciencia critica	Porcentaje de estudiantes que identifican la problemática en su territorio.	Reflexión sobre la responsabilidad ciudadana y el consumo responsable.	Entrevista con entes relacionados

Fuente: elaboración propia.

3.2.4 Alcance

Alcance de la investigación

La presente investigación tiene como propósito fortalecer las competencias ambientales y científicas en relación con el funcionamiento de los rellenos sanitarios en la institución educativa City College San Amor, en Tunja (Boyacá), mediante la implementación de una estrategia pedagógica con enfoque STEM. Su alcance se enmarca en el paradigma sociocrítico, buscando una transformación significativa de la realidad escolar y territorial.

Alcance pedagógico

El proyecto busca mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje por medio de la integración de la ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas. El proyecto pretende que los estudiantes aprendan con la práctica, desarrollando así su pensamiento crítico y fortalezcan sus conocimientos ambientales. De igual manera, se espera emplear una metodología activa basada en la resolución de problemas reales.

Alcance Ambiental

La investigación pretende fortalecer la conciencia ambiental de los estudiantes con respecto a la gestión irresponsable de residuos sólidos. Así mismo, se busca que los estudiantes comprendan el funcionamiento de los rellenos sanitarios y los beneficios y consecuencias que estos generan para que puedan visualizar los residuos no solamente como desechos, sino como recursos aprovechables, mitigando de esta manera el impacto negativo que estos generan en su comunidad.

Alcance social y comunitario

El alcance del proyecto también es participativo y comunitaria, pues los estudiantes actúan como promovedores del conocimiento, logrando que los conocimientos sobre el manejo de residuos sólidos lleguen también a sus hogares, promoviendo una comunidad con conciencia ambiental.

Alcance institucional

La investigación pretende aportar una base para fortalecer los procesos de educación ambiental, la enseñanza pedagógica con enfoque STEM y la formación de ciudadanos comprometidos con el medio ambiente y el desarrollo sostenible, impulsando a la institución a integrar practicas interdisciplinarias que conecten los problemas ambientales del territorio con la innovación educativa.

3.2.5 Población

La comunidad a la que se dirige esta investigación esta conformada por los estudiantes de básica primaria de la institución educativa City College San Amor, ubicada en la ciudad de Tunja, en el departamento de Boyacá (Colombia). Esta comunidad se caracteriza por ser diversa y comprometida, incluye al equipo administrativo, entre ellos el rector, docentes y coordinadora. También hacen parte fundamental las madres, padres y acudientes que se involucran de forma activa en las actividades escolares y en los procesos de enseñanza de sus hijos.

La muestra para la presente investigación esta conformada por los estudiantes de grado quinto de primaria, con 26 integrantes (niños y niñas), con edades que oscilan entre los 10 y 11 años, esto debido a que es el nivel educativo máximo que se encuentra en la institución. Esta muestra es ideal para la implementación de la estrategia STEM, debido a que los estudiantes se encuentran en una etapa de desarrollo que les permite tener una mejor comprensión de las problemáticas ambientales complejas como la gestión y funcionamiento de los rellenos sanitarios.

3.2.6 Fases

De acuerdo con los objetivos de la investigación, se emplea una ruta metodológica estructurada en tres fases fundamentales, cada una de ellas esta relacionada directamente con un objetivo específico. En cada fase se describen las actividades de recolección de datos, análisis y presentación de resultados. Esto permite poder realizar un seguimiento exacto del progreso de la investigación; para la presente investigación, las fases se estructuran de la siguiente manera:

Fase 1. Diagnostico

Esta fase se relaciona con el primer objetivo específico, el cual busca caracterizar los conocimientos previos de los estudiantes de grado quinto con respecto a la gestión, destinación y medición de residuos sólidos. En esta fase se espera que el docente analice las falencias de la enseñanza tradicional con respecto a la educación ambiental, así mismo, se aplica una herramienta de pre-test, posteriormente los datos son analizados mediante estadística descriptiva, la cual permite caracterizar de forma cuantitativa el estado inicial de las competencias científicas de los estudiantes.

Fase 2. Diseño e implementación

Esta fase corresponde al segundo objetivo específico de la investigación, el cual está enfocado en diseñar e implementar la estrategia pedagógica “Del residuo al recurso” bajo el enfoque STEM. En esta etapa, se estructura la estrategia a partir de los resultados obtenidos en el proceso de caracterización de los conocimientos previos, garantizando que las actividades sean pertinentes y cierren las brechas de aprendizaje identificadas. Una vez estructurada, se continua con la implementación de la estrategia, abordando la problemática de los residuos sólidos y el funcionamiento de los rellenos sanitarios. Durante esta fase, se fomenta el pensamiento crítico y la resolución de problemas de los estudiantes, así mismo, la recolección de información se realiza

mediante la observación y el registro en diario de campo para registrar el desarrollo de habilidades. Esta fase busca la transformación del aprendizaje a través de la experimentación.

Fase 3. Evaluación y reflexión

Esta fase se vincula con el tercer objetivo específico, en el cual se valora el impacto de la implementación de la estrategia en el fortalecimiento de las competencias científicas y ambientales. Para ello, se aplica un post-test el cual debe ser comparado con el diagnóstico realizado en la Fase 1, permitiendo determinar la evolución en el aprendizaje. Asimismo, se emplea una rúbrica para evaluar el nivel de conocimiento científico, ingenieril y ambiental de los estudiantes. Para finalizar se realiza un análisis de los resultados obtenidos, permitiendo evaluar la efectividad de la implementación del enfoque STEM para la transformación de la educación ambiental en la institución City College San Amor.

3.2.7 Criterios de calidad

Para garantizar la credibilidad y el rigor de la presente investigación, se han definido criterios de calidad a partir de la selección de la metodología de investigación de tipo mixto. Estos criterios permiten asegurar que la recolección, el análisis y la interpretación de los datos sean apropiados para evaluar el trabajo. De acuerdo con Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), el rigor de la metodología mixta se logra mediante la integración sistemática de los componentes cuantitativos y cualitativos.

Entre estos criterios, uno de los más importantes es el de la triangulación de la información. Este criterio consiste en comparar los datos estadísticos obtenidos a partir de los cuestionarios con las anotaciones registradas en los diarios de campo. Según Denzin (2017), la triangulación de datos permite superar las limitaciones de emplear un único enfoque, proporcionando una visión clara de la problemática.

Validez de contenido: este criterio asegura que tanto los instrumentos como la estrategia pedagógica diseñada sean adecuados para medir los objetivos que el proyecto propone. Vargas Hernández (2020) afirma que en los proyectos con enfoque STEM es esencial que el diseño sea coherente con las competencias que se desean desarrollar. Por lo cual, los instrumentos serán sometidos a una validación que asegure que son adecuados para la edad de los niños y que los conceptos empleados sean exactos, garantizando así que los resultados reflejen el nivel de aprendizaje alcanzado.

Credibilidad y transferibilidad pedagógica: se refiere a la veracidad de los hallazgos y a la posibilidad de aplicar los resultados en condiciones similares. En esta investigación, la credibilidad se garantiza mediante la observación y registro en los diarios de campo, lo cual debe coincidir con las experiencias vividas por los estudiantes. Según Lincon y Guba (1985), la credibilidad se alcanza cuando los resultados son reconocidos como verdaderos por quienes participaron en la experiencia. Así mismo, la transferibilidad se logra al realizar una descripción con detalle del proceso pedagógico, permitiendo que la propuesta pueda ser adaptada en otros contextos escolares con condiciones similares.

Teniendo en cuenta la adopción de un enfoque mixto para esta investigación, la integración de estos criterios de calidad asegura que la investigación cumpla con los estándares de este enfoque y así mismo que genere un impacto pedagógico real en la institución.

3.2.8 Consideraciones éticas

La presente investigación se rige bajo principios éticos y legales que garantizan la protección de los derechos de la población y el manejo responsable de la información. Al tratarse de un estudio que involucra a 26 menores de edad de la institución City College y de acuerdo con la resolución

8430 de 1993, esta investigación se clasifica como riesgo mínimo, por lo que para su ejecución se debe tener en cuenta la implementación del consentimiento informado dirigido a los padres de familia o acudientes, donde se explican los objetivos del proyecto y se autoriza la participación de los menores, especificando que su participación es voluntaria y que comprenden las actividades a realizar, así como su derecho a participar o retirarse en cualquier momento.

Durante el análisis de los datos recopilados, se asegurará el anonimato de los estudiantes, por lo cual no se publicarán nombres reales ni datos que permitan la identificación de los menores. Al utilizar los registros fotográficos de la construcción de las maquetas, se contará con la autorización para uso de imagen, así mismo se protegerá la identidad de los niños evitando la aparición de su rostro en las mismas.

Se garantiza que los datos recolectados serán utilizados únicamente con fines académicos e investigativos para el desarrollo de tesis de maestría, contribuyendo a la mejora de la calidad educativa de la institución. Por último, tanto las actividades como los formatos de consentimiento serán revisados de forma rigurosa para garantizar que todo el proceso cumpla con los criterios y requisitos éticos y científicos.

4. Capítulo IV

4.1 Introducción

El siguiente capítulo presenta los resultados obtenidos a partir de la implementación de la propuesta pedagógica, la cual teniendo en cuenta los objetivos planteados se orientó hacia el fortalecimiento de las competencias de indagación científica y conciencia ambiental; desarrollada en el grado quinto de la institución educativa city Colle San Amor. Inicialmente, se evidencia la caracterización sociodemográfica del grupo seleccionado, lo que permite conocer el contexto personal, familiar y territorial de los estudiantes.

Así mismo, se presentan los resultados obtenidos a partir del PRE-TEST y de las diferentes actividades propuestas para medir cada uno de los objetivos planteados.

4.2 Resultados sociodemográficos

La caracterización sociodemográfica del grupo de estudiantes de grado quinto, permitió comprender las características personales, familiares y sociales del mismo. Este grupo estuvo conformado por un total de 26 estudiantes.

En cuanto a la distribución del género del grupo, se contó con la participación de 13 niñas (50%) y 13 niños (50%) conformándose una distribución equitativa. El rango de edades de los estudiantes es entre 9 y 11 años, correspondiente al nivel de escolaridad en el que se encuentran actualmente. En cuanto al entorno familiar, la totalidad de los estudiantes pertenece a los estratos 2 y 3; se observó que el 60 % vive con ambos padres y el 40% vive con solo uno de ellos.

Así mismo, se consideró el contexto territorial en el que se encuentra la institución educativa. La ciudad de Tunja se caracteriza por ser una ciudad estudiantil y cultural, lo que la convierte en un escenario idóneo para el desarrollo de propuestas pedagógicas que buscan conectar la realidad del territorio con el aprendizaje de los estudiantes.

4.3 Hallazgos del Entorno: El Punto de Partida de las Aulas

Con el fin de dar cumplimiento al primer objetivo específico, se aplicó una prueba diagnóstica (pre-test) que constaba de 7 preguntas, para poder medir el nivel de la competencia de indagación y de conocimientos previos de los estudiantes con respecto a la producción de los residuos sólidos y el manejo que se les da a los mismos en los rellenos sanitarios. Tras aplicar la rúbrica de evaluación diseñada, se logró realizar un análisis de los resultados obtenidos en el pre-test.

La primera pregunta estaba relacionada con la definición y el funcionamiento del relleno sanitario. El 52.17% de los estudiantes respondieron de forma muy básica y tan solo el 13.04% explicaron lo que es un relleno sanitario y su función principal, lo que evidencia el poco conocimiento que los estudiantes poseen sobre este tipo de estructuras (Ver figura 1).

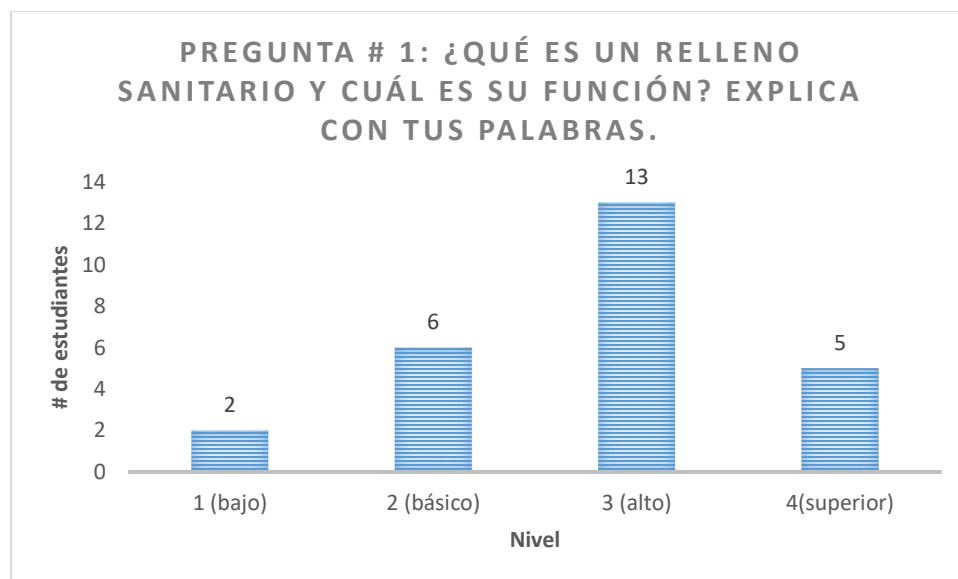


Figura 1. Pretest: funcionamiento del relleno sanitario.

Fuente: Elaboración propia.

La siguiente pregunta buscaba evaluar la competencia de indagación científica, en ella se planteó una situación en la que los estudiantes analizar cuanta basura produce su curso en una semana y así mismo como organizarían o registrarían los datos recolectados. Los resultados evidenciaron que el 21.73% dieron una respuesta correcta, correspondiente a un nivel superior y el 56.52 correspondiente a un nivel alto lo que demostró habilidades en los estudiantes sobre indagación científica y análisis de datos (ver figura 2).



Figura 2. Pretest: basura que se produce en el aula.

Fuente: Elaboración propia.

En la tercera pregunta se planteó una situación real del entorno escolar la cual involucraba la mezcla inadecuada de residuos sólidos antes de su recolección. Con esta pregunta, se buscó evaluar la conciencia ambiental y la capacidad de proponer soluciones de los estudiantes, así mismo se les

pidió definir los materiales específicos para la ejecución de su estrategia y formular la manera para comprobar la efectividad de su solución tras una semana de aplicación. El 43.47% de los estudiantes se ubicaron en el nivel alto y el 8.6% lograron el nivel superior lo que evidencia que aunque la mayoría identifica la problemática de la mezcla de los residuos que se les planteo, a gran parte del grupo se le dificulta estructurar soluciones concretas, seleccionar materiales para llevarlas a cabo y definir métodos de medición, todo lo anterior basado en una misma situación (Ver Figura 3).

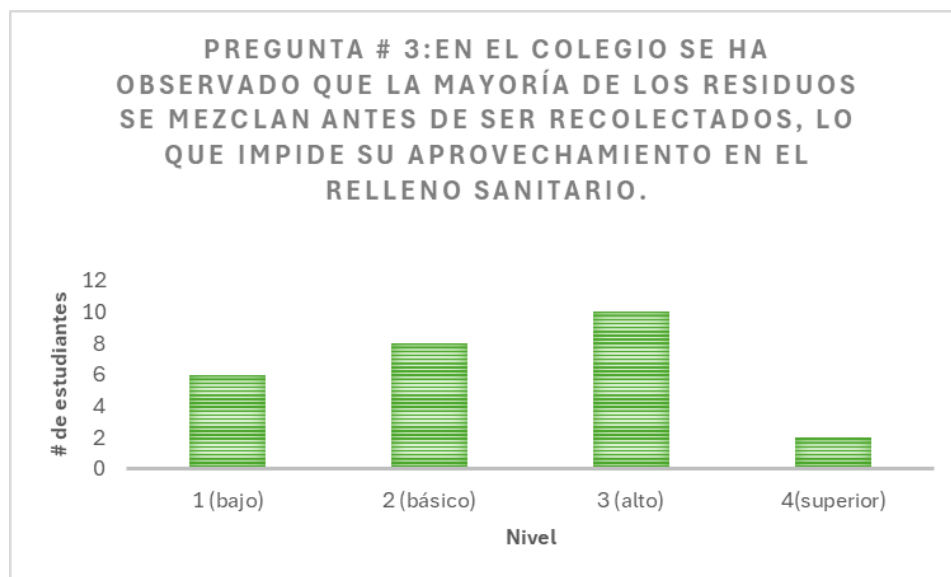


Figura 3. Pretest: mal manejo de residuos en el colegio.

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente pregunta se pidió a los estudiantes que explicaran el proceso de formación del biogas y mencionaran el impacto que este tendría si no fuera controlado a través de la observación de una imagen de referencia. Con esta pregunta, se busco evaluar la capacidad de análisis de imágenes y el nivel de conciencia ambiental frente a situaciones que general contaminación del medio ambiente. El 65.2% de los estudiantes alcanzaron un nivel alto y tan solo el 4.3% un nivel

superior lo que demuestra que el grupo posee una buena comprensión inicial sobre la relación que existe entre la descomposición de los residuos y los impactos negativos que estos generan en la atmósfera (Ver figura 4).

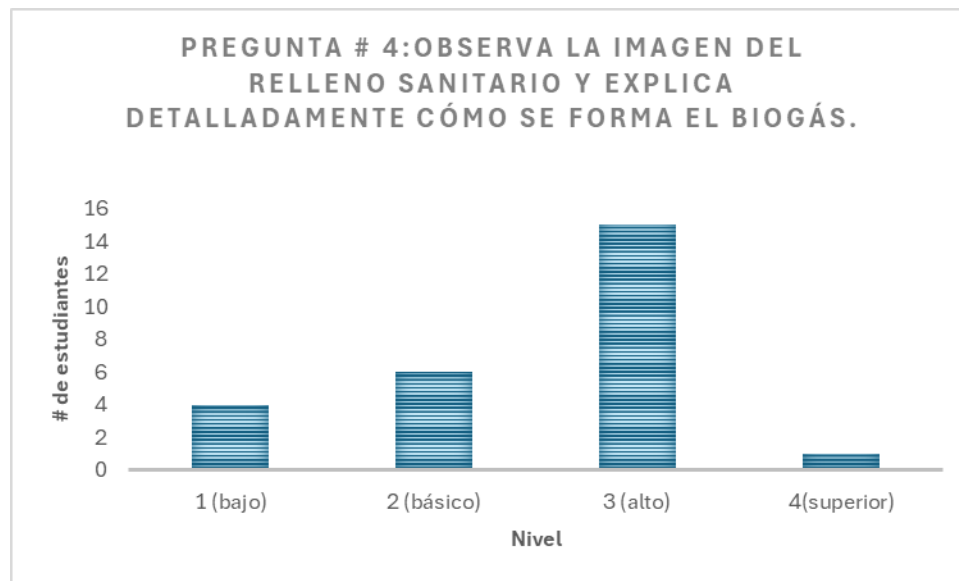
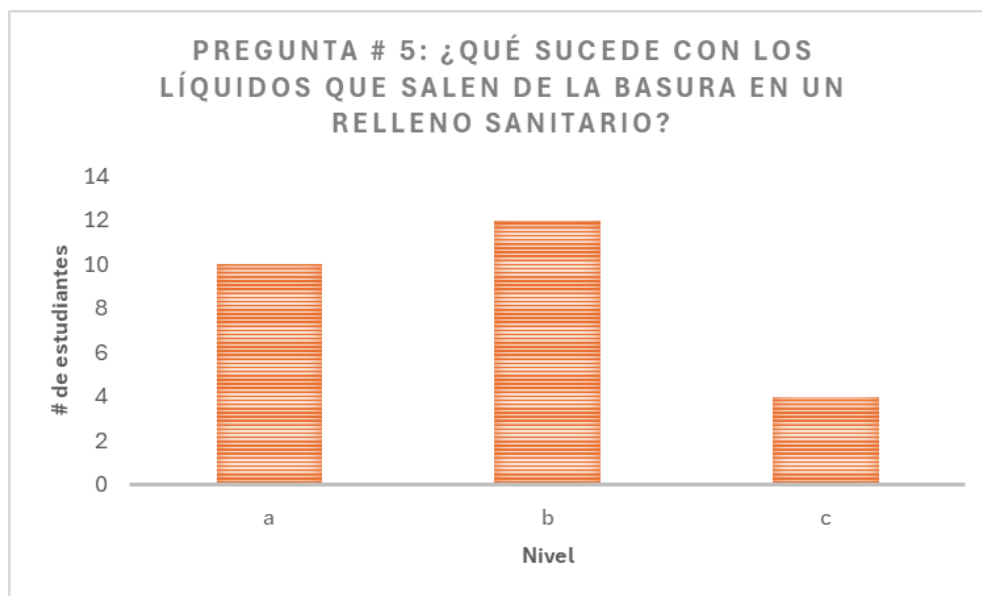


Figura 4. Pretest: generación de biogas.

Fuente: Elaboración propia.

La quinta pregunta del pretest consistió en una pregunta de selección múltiple, en la cual ninguna de las opciones se consideró incorrecta, pues cada una de las respuestas tenían un nivel de acierto; con esta pregunta se buscaba identificar si los estudiantes conocen el manejo que se les da a los lixiviados en el relleno sanitario. El 52.17% seleccionaron la respuesta b que afirmaba que los líquidos generados por la basura se quedaban guardados en el fondo del relleno sanitario. Este porcentaje evidencia que, aunque los alumnos reconocen que la generación de dichos líquidos, desconocen el proceso por el que estos pasan al llegar a un relleno sanitario (Ver figura 5).



Fuente: Elaboración propia.

De igual manera, la pregunta seis se estructuro de selección múltiple con el fin de evaluar si los estudiantes tienen conocimiento acerca de los beneficios de que su ciudad cuente con un relleno sanitario. Las respuestas a y b se asocian únicamente con aspectos estéticos del relleno sanitario, mientras que la respuesta c si reconoce el impacto que estos generan el los ecosistemas de la región; sin embargo, ninguna de las opciones se consideró incorrecta, pues cada una de las respuestas tenían un nivel de acierto. Los resultados que se muestran en la figura 6 demuestran que a pesar de que el 47.8% reconocen el impacto ambiental de la infraestructura en su ciudad, existe una necesidad de profundizar estos contenidos pedagógicos para que la totalidad del grupo mejore su percepción sobre el servicio de aseo que se presta en su comunidad.

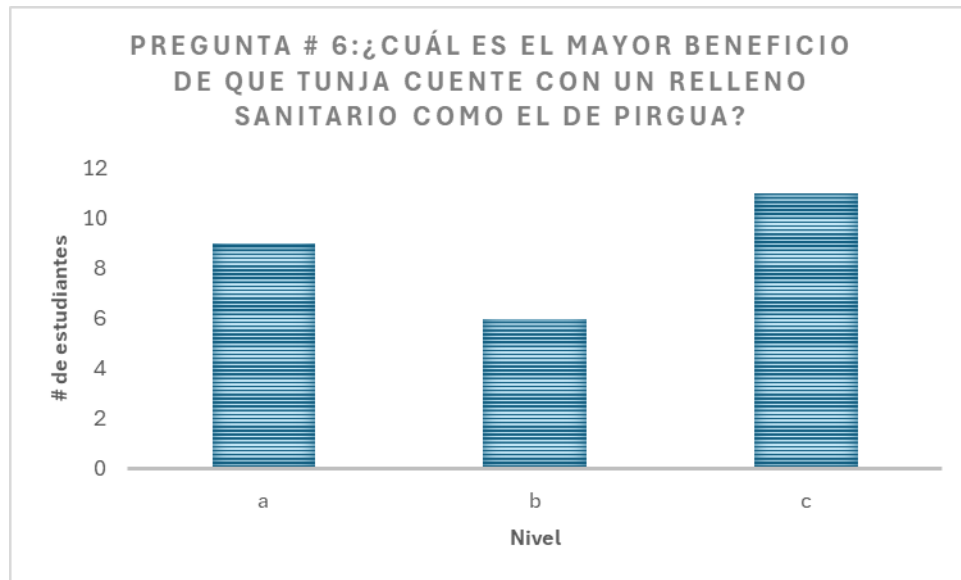


Figura 6. Pretest: Beneficio del relleno sanitario.

Fuente: Elaboración propia.

La última pregunta del pretest también se diseñó como pregunta de selección múltiple, esta consistió en evaluar el criterio que los estudiantes tienen con respecto a la separación de residuos en sus hogares. Al igual que en las preguntas cinco y seis, las opciones de respuesta se estructuraron de forma gradual; de menor a mayor complejidad, teniendo todo un nivel de acierto. El 56.525% de los estudiantes seleccionaron la respuesta b, lo que demuestra que reconocen la importancia de separar correctamente los residuos desde su hogar. Sin embargo, lo anterior evidencia que los estudiantes aun requieren fortalecer los conocimientos relacionados con el funcionamiento del relleno sanitario. (Ver figura 7)



Figura 7. Pretest: Separación de residuos en el hogar.

Fuente: Elaboración propia.

4.3.1 Análisis de la Mediación Pedagógica y Evidencias de Aprendizaje

Posteriormente a la aplicación del pretest se inició con la implementación de la estrategia educativa con el fin de dar cumplimiento al segundo objetivo específico. El desarrollo de la estrategia educativa, se dividió en cuatro actividades, cada una diseñada específicamente para los estudiantes de grado quinto de la institución educativa City College San Amor, con el propósito de fortalecer la competencia de indagación o de conciencia ambiental. En la siguiente tabla se describen cada uno de ellas y así mismo se especifica la competencia trabajada en cada actividad:

Actividad	Descripción de la Actividad	Evidencia fotográfica	Competencia trabajada
1. "Diálogo con el Territorio" (Charla con expertos)	Charla magistral y conversatorio con un funcionario de la empresa operadora		Conciencia ambiental. Se espera que el estudiante identifique problemáticas reales de la

	Urbaser/Relleno Pírgua. Se abordan retos reales de Tunja, la vida útil del relleno y la normativa colombiana actual.		ciudad de Tunja y formule preguntas que relacionen la Ley 1549 con el funcionamiento del Relleno de la ciudad.
2. "Cápsulas del Tiempo: El Reto de la Descomposición" Los estudiantes entierran diferentes residuos (manzana, plástico, papel, tela) bajo tierra.	Durante varias sesiones, desentierran, observan y registran los cambios físicos y olores de cada uno.	  	Indagación científica. Se espera que el estudiante realice un registro sistemático en su bitácora, utilizando datos precisos y dibujos para comparar cómo se descomponen distintos materiales.
3. "Simulador de Suelos" (Experimento de Filtración)	Reto de indagación donde los niños deben descubrir qué materiales (arena, piedras, arcilla) dejan pasar el agua y cuáles no, simulando las capas de protección de un relleno sanitario técnico.		Indagación científica. Se espera que el estudiante comprenda que las capas del suelo detienen contaminantes y proponga mejoras al diseño técnico.
4. "Campaña de Sostenibilidad 1549"	Los equipos diseñan una propuesta de mejora para el manejo de		Conciencia ambiental. Se espera que los estudiantes lideren

	residuos en el City College San Amor, basándose en la Ley 1549 y lo aprendido con el funcionario.		acciones de mejora en el colegio y cree mensajes de sensibilización basados en la política nacional de educación ambiental.
--	---	--	---

4.3.2 Análisis y deconstrucción de las actividades experimentales

Actividad 1: "Diálogo con el Territorio"

El desarrollo de la primera actividad se llevó a cabo en las instalaciones de la institución, inicialmente se proyectaron videos explicativos en los que se detallaba el funcionamiento de un relleno sanitario; posteriormente, se presentó otro video en el que se detallaba la producción y manejo por el que pasan los gases generados por la descomposición de los residuos. A partir de este momento, en los estudiantes se despertó la curiosidad e iniciaron a formular preguntas que les surgieron a partir de la visualización de dichos videos, adicionalmente; les permitió imaginar y entender los procesos que no pueden ver cotidianamente, como la forma en la que se atrapan los gases y líquidos que se generan.

Al finalizar la actividad, se logró que los estudiantes dejaran de ser solo espectadores y se convirtieran en investigadores y analizaran situaciones reales de su entorno, así mismo, a partir del dialogo lograron concluir que el relleno sanitario este situado hacia las afueras de la ciudad, debido a que necesita un espacio amplio y a la generación de olores que este produce. Al resolver sus dudas sobre todo lo relacionado con el manejo de los residuos se preparó y motivo al grupo para experimentar y llevar a cabo las siguientes actividades prácticas.

Actividad 2: "Cápsulas del Tiempo: El Reto de la Descomposición"

La segunda actividad consistió en una experiencia práctica, en la cual los estudiantes conformaron grupos y enterraron bajo tierra tres tipos de residuos diferentes: una cascara de banano, unas servilletas de papel y una tapa plástica. Al transcurrir dos semanas de ser enterrados se extrajeron nuevamente para ser analizados por los estudiantes, observando los cambios que estos presentaron en su olor, textura y aspecto en general. El grupo de estudiantes que enterró la cascara de plátano observó cambios en su textura, color y olor, comprendiendo que al ser un residuo orgánico su descomposición fue rápida; por otro lado, el grupo que extrajo la servilleta notó que esta se encontraba húmeda e iniciaba su proceso de descomposición, concluyendo que esto era debido al material con el cual se fabrica. Por último el grupo que enterró la tapa plástica evidenció que esta se encontraba en perfecto estado, sin ningún cambio en su textura, color y no presentaba ningún olor en particular; el desarrollo de esta actividad permitió concluir la importancia de separar correctamente los residuos entendiendo que no todos se degradan de la misma manera, lo cual puede generar colapso de los residuos. Este espacio permitió a los estudiantes tanto despertar sus habilidades científicas y de análisis como reflexionar acerca de sus hábitos de reciclaje.

Actividad 3: "Simulador de Suelos" (Experimento de Filtración)

En el desarrollo de la tercera actividad el enfoque principal se centró en una de las mayores problemáticas que surgen en los rellenos sanitarios, la generación de los lixiviados. Esta actividad se llevó a cabo de manera colaborativa, puesto que en la elaboración del filtro participaron todos los estudiantes equitativamente; se utilizaron diferentes capas de materiales como arena, piedras y tierra, simulando las capas que componen el suelo. El objetivo de esta actividad era ver que reacción tenía el agua (estancada) al pasar por estos materiales y analizar si el filtro cumplía con la eficiencia esperada.

Al verter el agua por el filtro, los estudiantes observaron los cambios de color y de velocidad por los que el agua pasaba, así mismo observaron como en cada capa se retenían diferentes impurezas. Finalizando la actividad, los estudiantes no solo analizaron como se filtra el agua naturalmente, sino que lograron comprender de mejor manera un concepto que para ellos resultaba desconocido, entendieron que el liquido que se produce en los rellenos sanitarios (lixiviados) es el resultado de la descomposición de los residuos, y que, si no se controla, puede contaminar las fuentes de agua subterránea. Esta actividad, logro fomentar la competencia de indagación científica al permitirles conectar este experimento con la realidad del relleno sanitario de su ciudad, transformando un fenómeno real en un problema que la ciencia puede solucionar.

Actividad 4: Propuesta de mejora para el City College San Amor

Organizados en los mismos equipos de trabajo de la actividad 2, los estudiantes realizaron el diseño de una propuesta de mejora para el manejo de los residuos solidos dentro de su institución educativa City College San Amor. Para organizar y plasmar sus ideas en la estrategia, los estudiantes se basaron en la información brindada en la charla correspondiente a la Actividad 1. Durante el desarrollo de esta actividad, los estudiantes empezaron a analizar el manejo que se les daba a los residuos en su colegio y dejaron de ver el problema de la basura como algo ajeno, planteando propuestas creativas para reducir el uso de plásticos, optimizar y mejorar los puntos ecológicos del plantel y generar campañas de conciencia ambiental basadas en lo que ellos mismos habían descubierto en el desarrollo de las anteriores actividades.

Los equipos trabajaron bajo la metodología de diseño colaborativo y a partir de esta actividad se demostró que los estudiantes no solo adquirieron conocimientos básicos sobre los residuos, sino que desarrollaron la competencia de conciencia ambiental, ya que, al diseñar soluciones reales para su propio colegio, la estrategia logro que los estudiantes dejaran de ser espectadores de la

problemática de los residuos solidos y se transformaran en agentes de cambio e su comunidad educativa.

4.4 Análisis Comparativo: Evolución de los aprendizajes

A continuación, se realizó la comparación de los resultados obtenidos en la evaluación diagnostica realizada en el mes de abril, con los resultados obtenidos en la evaluación final, aplicada tras completar las cuatro actividades experimentales. Esta comparación permite valorar la efectividad de la ruta pedagógica implementada.

En la primera pregunta el 50% de los estudiantes se ubico en un nivel alto, lo que indica que la mitad de el grupo mejoro su comprensión sobre lo que es un relleno sanitario y sus funciones básicas. Por otro lado, el 19.5% correspondiente a 5 estudiantes alcanzo el nivel Superior en la aplicación del pretest. Después de realizar las actividades prácticas, en el post-test, el 57,7% de los estudiantes alcanzo el nivel alto y el 26,9% de los estudiantes logro el nivel superior. De igual manera, los niveles básicos y bajo disminuyeron al 15,3% (Ver figura 8), lo que demuestra una reducción significativa en las dificultades de comprensión presentadas al inicio de la aplicación de la estrategia.

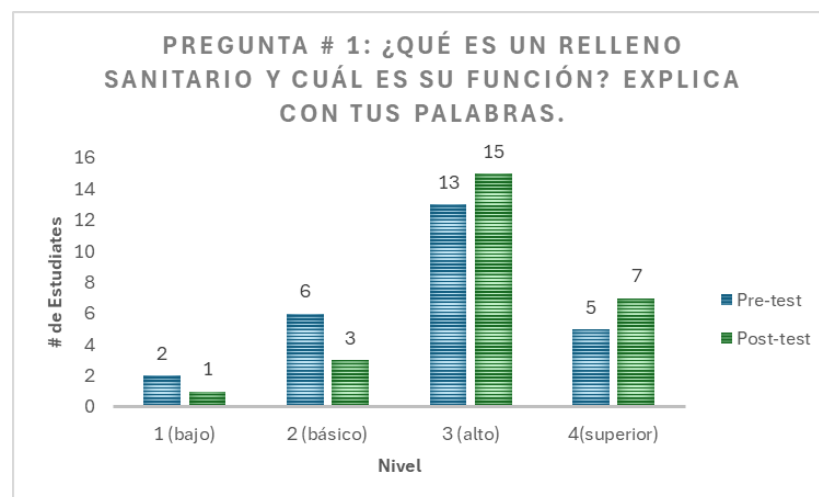


Figura 8: Comparación pre test y post test pregunta 1.

Fuente: Elaboración propia.

En la pregunta 2, el 42,2 de los estudiantes se ubico en el nivel alto y el 19,2% en el nivel superior, así mismo, el 34,6% de los estudiantes se encontraban en los niveles básico y bajo en el pre-test. En el post-test el porcentaje de estudiantes en los niveles alto y superior aumento a 76,9% (Ver Figura 9), correspondiente a 20 estudiantes, demostrando una mayor capacidad para planear estrategias y organizar datos reales.

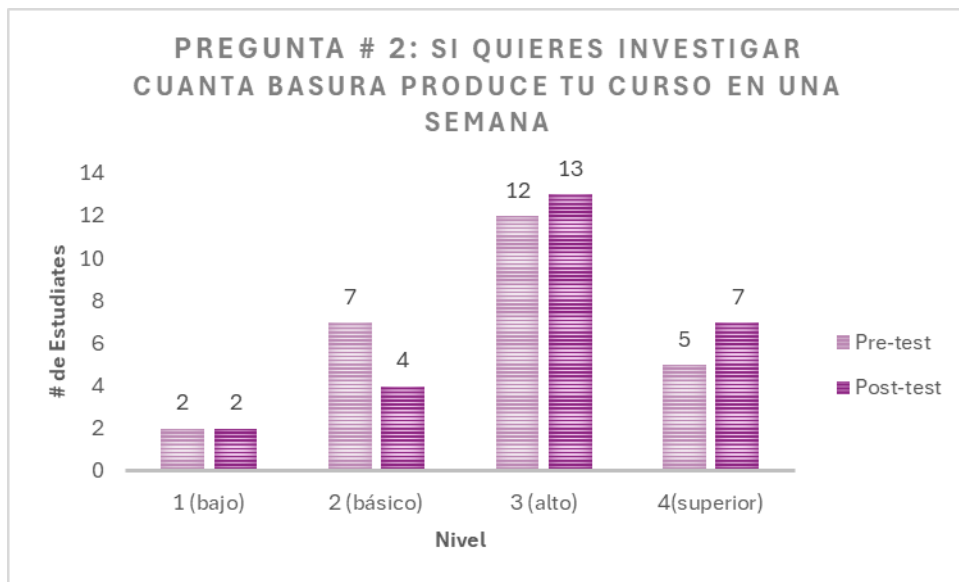


Figura 9: comparación pre test y post test pregunta 2.

Fuente: elaboración propia.

En el pre test, el 53,9% de los estudiantes se encontraba en el nivel bajo y básico en la pregunta 3, y el 46,2% del grupo se ubico en los niveles alto y superior, demostrando una baja capacidad para formular soluciones ambientales. Después de la aplicación de las actividades, el porcentaje de los estudiantes que se encontraban en el nivel alto y superior aumento, pasando de 14 a 20 estudiantes, evidenciando una mejora significativa en la competencia de indagación científica y

conciencia ambiental, ya que un mayor número de estudiantes logro proponer una estrategia efectiva enfocada en mejorar el manejo de los residuos sólidos (ver figura 10).

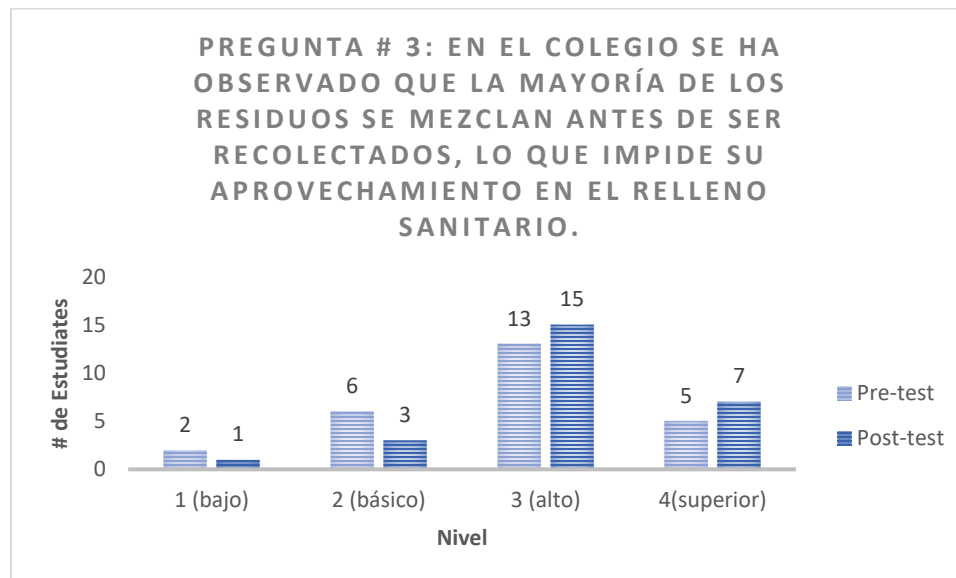


Figura 10: comparación pre test y post test pregunta 3.

Fuente: elaboración propia.

En la pregunta 4, al presentar el pretest el 57,7% de los estudiantes se encontraron en un nivel alto, y tan solo el 3,8% alcanzo el nivel superior y el restante, correspondiente a un 38,8% alcanzo solamente los niveles bajo y básico, presentando dificultades para comprender correctamente la formación del biogás. Al aplicar el post-test, el 34,6% de los estudiantes alcanzo el nivel superior, incrementando con respecto al pre-test. Sin embargo, el porcentaje obtenido en el nivel alto disminuyo de un 57,7% a un 46,2%, debido a que algunos estudiantes pasaron de nivel alto a superior, rediciéndose de igual manera los niveles bajo y básico.

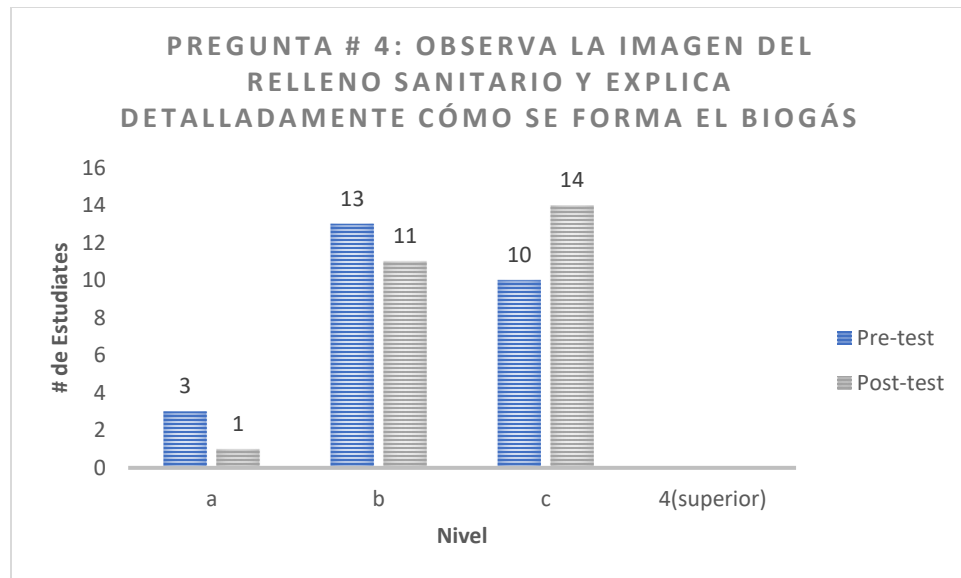


Figura 11: comparación pre test y post test pregunta 4.

Fuente: elaboración propia.

En el pre-test, en la pregunta 5, el 60% de los estudiantes selecciono la opción c, evidenciándose que más de la mitad del grupo de estudiantes de grado quinto entendía la importancia de darle un correcto manejo a los líquidos generados por los residuos. En cambio, el 40% de los estudiantes escogió las opciones a o b, demostrando poca comprensión de dicho proceso. En el post-test, el porcentaje de estudiantes que selecciono la respuesta c aumentó significativamente (ver figura 12) , siendo un 80%, muestra un fortalecimiento en la comprensión sobre el manejo de los lixiviados en los rellenos sanitarios.

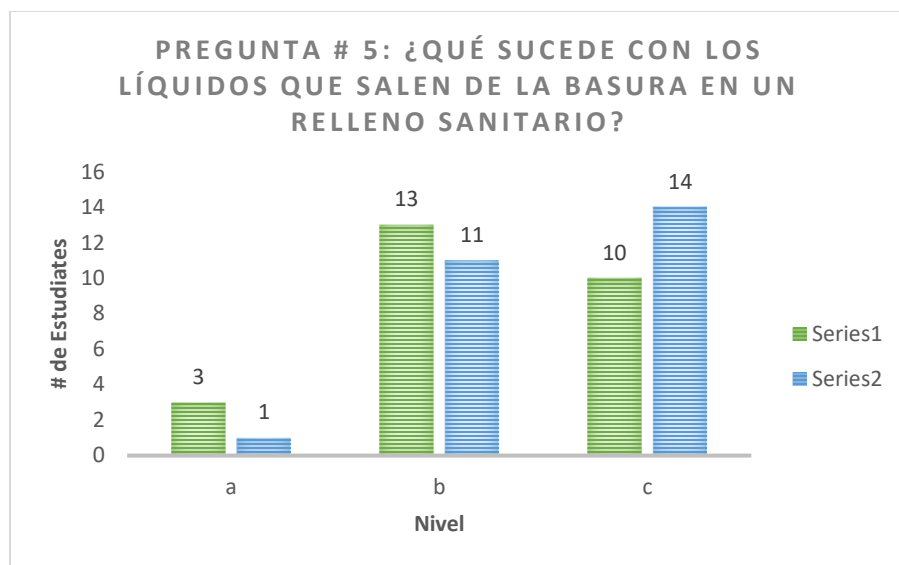


Figura 12: comparación pre test y post test pregunta 5.

Fuente: elaboración propia

En la pregunta 6, en el pre-test, el 42,3% de los estudiantes selecciono la respuesta c, correspondiente a la opción más acertada y en la cual se refleja una mayor comprensión sobre la importancia de que su territorio cuente con un relleno sanitario. El 57,7 escogió las opciones a o b, asociando la existencia del relleno sanitario únicamente con la limpieza de su ciudad o los olores. En el post-test, el porcentaje de estudiantes que eligieron la opción c aumentaron a un 53,8%, así mismo, el porcentaje de estudiantes que escogieron la opción a disminuyó de 34,6% a 15,4% lo que demuestra que varios estudiantes pasaron de una comprensión superficial a una comprensión mas amplia acerca del papel que cumplen los rellenos sanitarios.

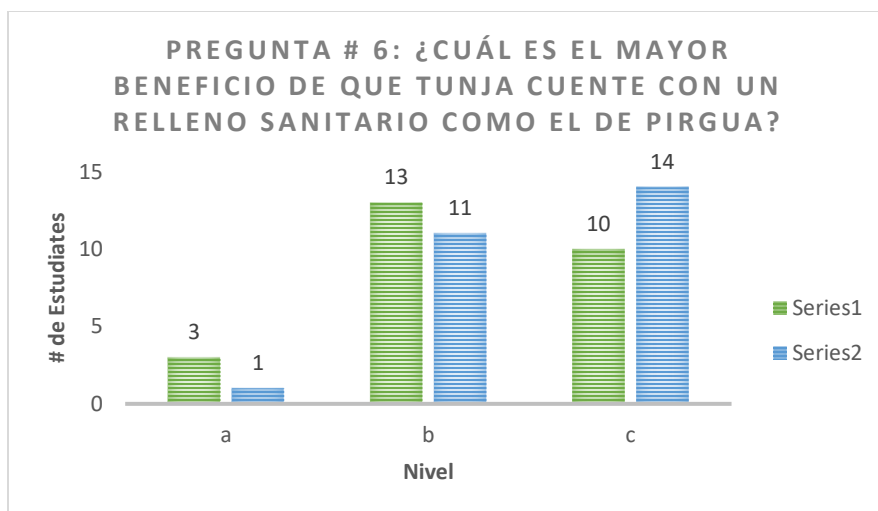


Figura 13: comparación pre test y post test pregunta 6.

Fuente: elaboración propia.

En la séptima y última pregunta, los resultados obtenidos en el post-test demuestran un fortalecimiento de la conciencia ambiental y de la toma de decisiones responsables con respecto a los resultados obtenidos antes de llevar a cabo las actividades experimentales. El porcentaje de los estudiantes que eligieron la respuesta c incremento de un 38,5% a un 53,8%, (ver figura 14) lo que indica que un mayor numero de participantes comprendieron de mejor manera que la separación de residuos en su hogar es una acción que prolonga la vida útil de los rellenos sanitarios y previene la contaminación del suelo y de fuentes de agua.

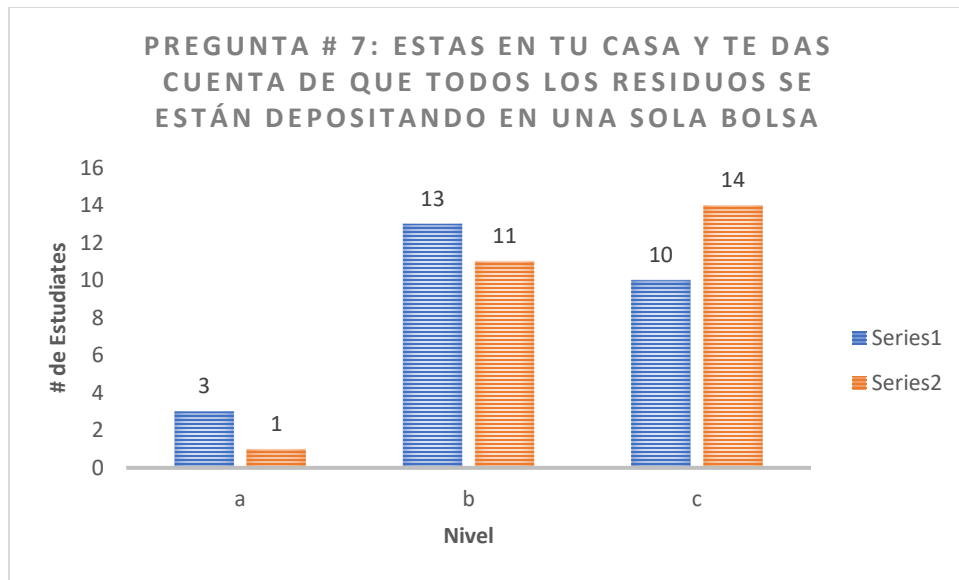


Figura 14: comparación pre test y post test pregunta 7.

Fuente: elaboración propia.

4.5 Validación estadística

Con el fin de asegurar una mayor precisión metodológica del impacto de la aplicación de la propuesta pedagógica, se realizó un análisis comparativo de los resultados obtenidos por los 26 estudiantes en el pre-test y post-test. Este análisis estadístico y el tratamiento de los datos se llevaron a cabo por medio de la herramienta Google Colab, lo que permitió ejecutar las pruebas con una mayor precisión cuantitativa.

4.3.1 Interpretación de los datos

Antes de seleccionar la prueba estadística para realizar la comparación, se evaluó si los puntajes obtenidos por cada uno de los estudiantes seguían una distribución normal. Teniendo en cuenta que la muestra que se utilizó para aplicar la propuesta era menor a 50, la literatura estadística sugiere la aplicación de la prueba Shapiro-Wilk (Field, 2018). Al ejecutar el algoritmo en Google Colab, se obtuvieron los siguientes valores de distribución:

- **Pre-test:** $W = 0.8874$ (valor de significancia = 0.0083)
- **Post-test:** $W = 0.9012$ (valor de significancia = 0.0167)

Teniendo en cuenta que en ambos casos los valores de significancia fueron menores al límite 0.05, y al no existir una distribución simétrica, el análisis que era necesario emplea una prueba adaptada a la asimetría del grupo. Este comportamiento se explica ya que la mayoría de los estudiantes obtuvo puntuaciones bajas en el pre-test debido al desconocimiento inicial sobre lixiviados y biogás. En el post-test, tras la aplicación de la estrategia pedagógica, la puntuación de los estudiantes se desplazó hacia un nivel alto.

4.3.2 Comparación estadística

Con el fin de respaldar el análisis estadístico, se presenta a continuación la interpretación y análisis de los diagramas generados en Google Colab:

- **Diagrama de caja:** teniendo en cuenta que la rúbrica de evaluación otorgaba un puntaje a cada respuesta según su nivel de profundidad, la escala de puntuación del pre y post-test se maneja en un rango de 0 a 25 puntos. En el pre-test la mediana se ubicó en los 16 puntos, con una nota mínima de 14 puntos y máxima de 19. Esto demuestra que, antes de aplicar la estrategia, una gran parte del grupo no obtuvo más de 16 aciertos en la prueba. Por otra parte, en el post-test la mediana aumentó significativamente a los 23 puntos, con una nota mínima de 21 puntos y máxima de 25 puntos. Lo anterior indica que la puntuación más baja del post-test superó a la nota más alta del pre-test (ver Figura 15).

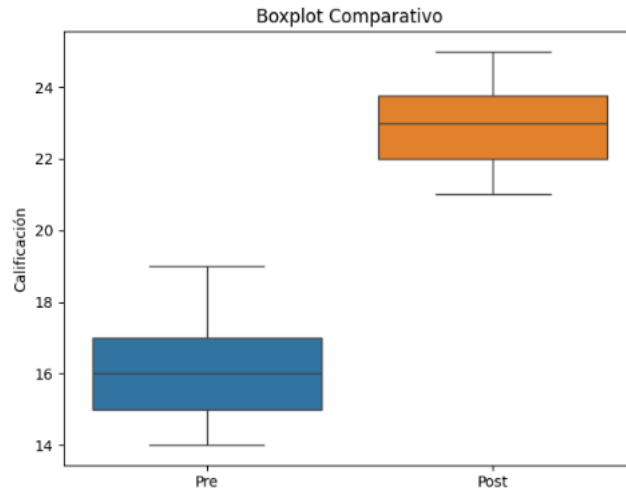


Figura 15: diagrama de caja comparativo.

Fuente: Google Colab.

- **Gráfico de líneas:** el comportamiento del pre-test en el grafico de líneas, los valores se concentran entre los puntos 14 y 19; demostrándose un nivel de desempeño inicial con tendencia baja. Sin embargo, en el post-test los resultados se ubican entre los 21 y los 25 puntos; por lo tanto, se observa un desplazamiento de los resultados hacia los valores superiores, lo que indica una mejora a nivel general en el desempeño de los estudiantes tras la aplicación de la propuesta pedagógica.

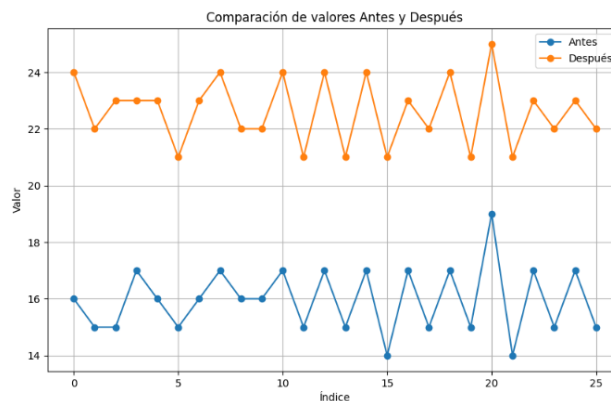


Figura 15: diagrama de caja comparativo.

Fuente: Google Colab.

- **Histograma y curva de densidad:** los resultados obtenidos en el histograma coinciden con los arrojados en el gráfico de líneas y en el diagrama de cajas, en los cuales se evidencia un desplazamiento general de los puntajes hacia un nivel superior tras la aplicación de la propuesta. La diferencia que se muestra en el histograma confirma de forma visual la mejora del desempeño general de grupo.

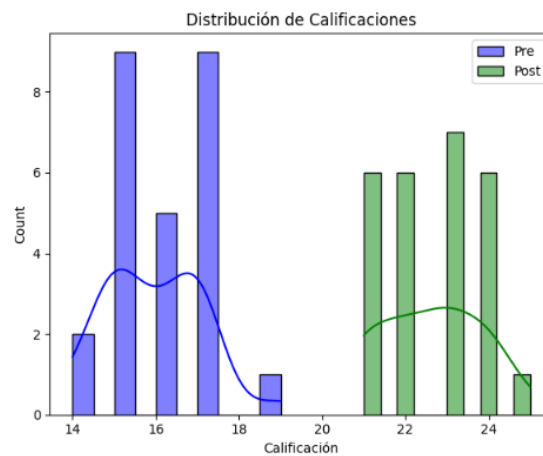


Figura 16: diagrama de caja comparativo.

Fuente: Google Colab.

5. Capítulo V

Los resultados obtenidos a partir de la aplicación del pre-test y el post-test se evidencia que la implementación de la estrategia pedagógica “**Del residuo al recurso**” contextualizada en el relleno

sanitario de la vereda de Pirgua, apporto al fortalecimiento de las competencias de indagación científica y conciencia ambiental de los estudiantes de grado quinto de la institución educativa City College San Amor.

En términos generales, se observó una disminución de las respuestas correspondientes a los niveles bajo y básico y un aumento en los niveles alto y superior. Lo anterior demuestra que los estudiantes mejoraron su comprensión acerca del funcionamiento de los rellenos sanitarios a nivel general, desde la formación del biogás y la generación de los lixiviados, hasta las consecuencias y beneficios que este tiene sobre su territorio. En varias de las preguntas del pre-test y post-test, los estudiantes fortalecieron sus conocimientos básicos y desarrollaron explicaciones que incluían análisis de datos reales, formulación de estrategias organizadas y evaluación de soluciones. Estos resultados son coherentes con lo planteado por Sauvé (2019), quien afirma que la educación ambiental debe promover una conciencia crítica que relacione el conocimiento científico con acciones que transformen desde edades tempranas.

Los resultados obtenidos mediante la prueba de Wilcoxon demuestran una diferencia significativa entre los resultados obtenidos antes y después de la implementación de la propuesta pedagógica. Este resultado permite afirmar que la aplicación de la prueba tuvo un claro impacto en el desempeño de los estudiantes de grado quinto de la institución educativa City College San Amor. Lo anterior coincide con los resultados obtenidos en el análisis individual de cada una de las preguntas del pre-test y post-test, en el que se observó una mejora general en el desempeño de los estudiantes. Estos resultados sugieren que la metodología STEM enfocada en etapas con actividades experimentales contribuye favorablemente al fortalecimiento de los aprendizajes y desarrollo de las competencias evaluadas de los estudiantes.

Al finalizar la implementación de la estrategia, un mayor número de estudiantes identificó correctamente la relación que existe entre las acciones que realizan de forma cotidiana con los efectos que estas tienen en el medio ambiente, comprendiendo que la separación de los residuos sólidos, el aprovechamiento de los mismos y el funcionamiento de los rellenos sanitarios conforman acciones necesarias para disminuir la contaminación en el territorio. Estos resultados coinciden con lo planteado por UNESCO (2020), al afirmar que la educación STEM favorece la capacidad de los estudiantes para analizar situaciones y proponer soluciones frente a problemáticas ambientales reales. De igual manera, respaldan esta información Reyes, Bolton y Vidal (2021), ya que sostienen que el análisis de problemáticas reales del territorio fomenta el pensamiento crítico y la conciencia sobre el papel que los estudiantes deben tomar en su comunidad.

En la aplicación del pre-test se evidenció que uno de los puntos débiles del grupo de estudiantes correspondía a la comprensión del funcionamiento del relleno sanitario y los procesos asociados al manejo de los residuos sólidos, lo cual está directamente relacionado con las competencias de indagación científica y conciencia ambiental. Los estudiantes presentaban dificultades para explicar y organizar sus ideas con respecto a los procesos de generación de biogás y lixiviados, así mismo, para proponer estrategias de solución ante las problemáticas ambientales de su entorno y relacionar sus acciones cotidianas con la protección y el cuidado del medio ambiente. Lo anterior coincide con lo planteado por García et al. (2023), ya que afirma que el desconocimiento sobre la gestión de residuos y la falta de separación desde la fuente conforman una de las principales problemáticas ambientales en el país. De igual manera, con lo afirmado por Reyes, Bolton y Vidal (2021), quienes aseguran que los estudiantes normalmente presentan una comprensión limitada de problemáticas ambientales reales cuando estas son abordadas sin un contexto y son alejadas de su realidad territorial.

La evolución observada entre el pre-test y el post-test demuestra que los estudiantes no solo adquieren conocimientos teóricos sobre el funcionamiento de los rellenos sanitarios, sino que también adquieren la capacidad de analizar problemáticas ambientales reales de su territorio y a partir de estas formular estrategias de solución, asumiendo un papel mas critico y responsable frente al manejo de residuos sólidos. Los resultados obtenidos permiten concluir que al contextualizar el aprendizaje en problemas reales genera que la aplicación de la estrategia pedagógica promueva aprendizajes significativos y contribuya a la formación de ciudadanos ambientalmente responsables y comprometidos con la sostenibilidad de su comunidad.

5.2 Conclusiones

La aplicación del pre-test permitió identificar que los estudiantes de grado quinto presentaban debilidades en las competencias de indagación científica y conciencia ambiental relacionadas con el manejo y gestión de los residuos solidos y el funcionamiento de los rellenos sanitarios. Específicamente, se evidenciaron dificultades para explicar de forma clara y ordenada procesos básicos que se llevan a cabo en dichos espacios, así como proponer soluciones frente a problemáticas ambientales y establecer relaciones directas entre sus acciones y la protección del medio ambiente. Adicionalmente, esta estrategia permitió integrar la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas mediante las actividades experimentales; esta integración favoreció la participación activa de los estudiantes, el trabajo colaborativo y la fomentación de aprendizajes significativos a partir de situaciones contextualizadas en su realidad.

Los resultados obtenidos permiten concluir que el trabajo con problemáticas reales del territorio favorece el pensamiento crítico, la toma de decisiones y la formación de ciudadanos con conciencia y responsabilidad ambiental, así mismo, demuestra que la enseñanza de la ciencia

adquiere un mayor significado al relacionarla con problemáticas reales, fomentando la creatividad y curiosidad de los estudiantes. La comprensión del funcionamiento del relleno sanitario de Pirgua se convirtió en una oportunidad para que los estudiantes reconocieran la importancia que sean capaces de analizar, proponer y participar en la construcción de soluciones orientadas al cuidado de su entorno.

La investigación también permitió observar que los estudiantes aprenden de manera mas significativa cuando participan en actividades prácticas, experimentales y al aire libre enfocadas en situaciones reales que pueden observar en su entorno. Al abordar la problemática del relleno sanitario Pirgua mediante actividades de observación, indagación, análisis de datos y resolución de problemas genero una mayor participación y apropiación de los conceptos tanto científicos, como ambientales. Esto confirma que las estrategias pedagógicas con enfoque STEM permiten que los estudiantes comprendan la utilidad de lo que aprenden y lo relacionen con su vida cotidiana, empleando sus conocimientos en cada uno de sus entornos.

5.3 Recomendaciones

Se recomienda a la institución educativa City College San Amor incorporar las estrategias pedagógicas con enfoque STEM en las diferentes áreas que se trabajan, promoviendo experiencias de aprendizaje que realmente tengan un impacto en la formación académica de los estudiantes. La implementación de actividades experimentales y contextualizadas favorece el aprendizaje significativo, el desarrollo de competencias y una mayor apropiación de conocimiento. Se sugiere continuar desarrollando proyectos de educación ambiental que aborden problemáticas reales, con el propósito de que los estudiantes comprendan la importancia de medir sus acciones cotidianas para que estas no tengan un impacto negativo en el medio ambiente, fortaleciendo su responsabilidad y compromiso ciudadano.

De igual manera, se recomienda fortalecer la participación de las familias de los estudiantes y de la comunidad educativa en los procesos de educación ambiental, mediante actividades y proyectos relacionados con la separación de residuos y el aprovechamiento de materiales reciclables, esto permitirá que los estudiantes logren plasmar los aprendizajes adquiridos en la escuela, en sus hogares y promover practicas ambientales responsables en cada uno de sus entornos.

5.4 Aportes de la investigación al Campo de la Educación Ambiental STEM

La aplicación de esta propuesta genera aportes significativos tanto metodológica como teóricamente para la educación básica con enfoque STEM, en la ciudad de Tunja específicamente, estos aportes se reflejan en contextos como:

- **Aporte pedagógico y territorial:** demuestra que la educación ambiental en básica primaria tiene un mayor impacto si se conecta con situaciones y problemáticas de la vida real. Al llevar a su salón de clases la realidad del relleno sanitario de su ciudad, fenómenos desconocidos como la formación de lixiviados y biogás, se convierten en situaciones que los estudiantes pueden explorar y comprender de mejor manera.
- **Aporte al enfoque STEM en primaria:** muestra que trabajar bajo el enfoque STEM en educación primaria no requiere de herramientas complejas ni de presupuestos altos, pues a través de estaciones de trabajo, usando materiales cotidianos para crear prototipos y maquetas demostró ser un espacio efectivo para despertar la curiosidad, el pensamiento critico y el trabajo en equipo (National Research Council, 2014).
- **Aporte normativo y ciudadano:** conecta de forma directa la ley 1549 de 2012 a la realidad en el salón de clases, transformando la educación ambiental para que los estudiantes logren

identificar problemas reales en su territorio y formular propuestas o soluciones reales para el cuidado de su entorno.

5.5 Limitaciones del estudio

Todo proyecto de investigación requiere reconocer aquellos factores que delimitaron su alcance con la transparencia y honestidad que exige:

- **Tiempo de implementación:** la ejecución de las actividades experimentales se llevo a cabo a lo largo de un trimestre del año escolar, y aunque el post-test demostró un avance significativo en el desempeño de los estudiantes, implementar la propuesta durante un periodo de tiempo más largo habría permitido articular de mejor manera las actividades y evaluarlas a largo plazo.
- **Entorno escolar:** al implementar la propuesta en el aula de clase, existieron variables como la inasistencia de algunos estudiantes o las actividades institucionales, lo que exigió adaptar los tiempos de las actividades sin perder el ritmo de trabajo de la propuesta pedagógica.

5.6 Conclusión general del estudio

El desarrollo de esta propuesta confirma que los estudiantes aprenden de manera más efectiva cuando se les permite ser protagonistas de su propio aprendizaje. Así como afirma Byers (2018), la educación STEM tiene un verdadero alcance cuando el salón de clases deja un lugar para adquirir conocimientos teóricos y se convierte en un espacio para investigar, analizar y solucionar problemas reales de su territorio. La mejora del desempeño del grupo, demuestra que las actividades experimentales no solo resolvieron sus dudas e inquietudes previas sobre el manejo de

residuos sólidos en el relleno sanitario, sino que fomentaron en los estudiantes una pensamiento científico y comprometido con la realidad de su entorno.

REFERENCIAS

- Segura Alonso, F. E. (2025). *Basura cero; análisis del impacto ambiental y social del manejo inadecuado de residuos sólidos en la ciudad de Tunja*. Monografía de grado, Escuela Superior de Administración Pública – ESAP. Repositorio Institucional ESAP. <https://hdl.handle.net/20.500.14471/28876>
- Rutas de recolección de residuos sólidos Ciudad de Tunja. (d. f.). ArcGIS StoryMaps. <https://storymaps.arcgis.com/stories/a11a58232c6a48209e13b976825f0ef3>
- Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, F. J., & Vilchez-González, J. M. (2022). What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature on sustainability and STEM. *Sustainability*, 14(9), 1–18.
- Jiménez, O., & Vargas, S. (2018). *Educación ambiental en Colombia: reflexiones teóricas para su comprensión*. Revista Universidad Católica Luis Amigó, 1–20.
- Garcia, A. M., García Mogollón, J. M., & Angarita, J. J. (2023). *Gestión de residuos solidos en la economía circular: un análisis bibliométrico*. Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo.
- El Nuevo Siglo. (2024). El colapso de los rellenos sanitarios: ¿Qué papel juega el reciclaje? <https://www.elnuevosiglo.com.co/>
- Reyes, M., Bolton, M., & Vidal, R. (2021). *Raising awareness on solid waste management through formal education for sustainability: A developing countries evidence review*.
- Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221–232.

- Stevenson, R. B., Brody, M., Dillon, J., & Wals, A. E. J. (2017). *International Handbook of Environmental Education Research*.
- Barrows, H. (1986). A taxonomy of problem-based learning methods. *Medical Education*, 20(6), 481–486.
- Niño Gutiérrez, L., Martínez Rodríguez, D., & Rojas Ramírez, J. (2024). Educación STEM y ciudadanía ambiental: aportes para la sostenibilidad desde contextos escolares. *Educación y Ciudad*, (47), 45–60.
<https://revistas.idep.edu.co/index.php/educacion-y-ciudad/article/view/3185>
- López-Rodríguez, M., & López-de-Meza-Ledesma, M. (2025). Acciones pedagógicas para la transformación de residuos sólidos y la conservación del medio ambiente en instituciones educativas. *Revista Koinonía*, 10(1), 112–128.
<https://ojs.fundacionkoinonia.com.ve/index.php/revistakoinonia/article/view/1836>
- Evaluation of an environmental education program on students' knowledge, attitudes, and behaviors. (2024). *Sustainability*, 16(3), 1–15. MDPI.
<https://www.mdpi.com/2071-1050/16/3/12041>
- E3S Conference. (2024). *Environmental education and territorial approaches to solid waste management*. E3S Web of Conferences.
- Ferronato, N., & Torretta, V. (2019). Waste mismanagement in developing countries: A review of global issues. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(6), 1060.
- Hungerford, H. R., & Volk, T. L. (2004). Changing learner behavior through environmental education. *The Journal of Environmental Education*, 21(3), 8–21.
<https://doi.org/10.1080/00958964.1990.10753743>

- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 1–11.
<https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Loucks-Horsley, S., Stiles, K. E., Mundry, S., Love, N., & Hewson, P. W. (2015). *Designing professional development for teachers of science and mathematics*. Corwin.
- Chawla, L., & Derr, V. (2012). The development of conservation behaviors in childhood and youth. In S. Clayton (Ed.), *The Oxford handbook of environmental and conservation psychology* (pp. 527–555). Oxford University Press.
- Sauvé, L. (2019). Environmental education: possibilities and constraints. *Environmental Education Research*, 25(12), 1–15.
- Tilbury, D. (2011). Education for sustainable development: An expert review of processes and learning. UNESCO.
- UNESCO. (2020). Education for Sustainable Development: A Roadmap. UNESCO.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *Política nacional para la gestión integral de residuos sólidos*. MinAmbiente.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
- English, L. D. (2017). Advancing Elementary and Middle School STEM Education. *International Journal of STEM Education*, 4(1), 1–12.
- Ennis, R. H. (2018). Critical Thinking Across the Curriculum: A Vision. *Topoi*, 37(1), 165–184.
- Ministerio de Educación Nacional (MEN). (2004). *Estándares básicos de competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales*. Bogotá, Colombia.

- Osborne, J. (2014). Teaching Scientific Practices: Implementing Inquiry-Based Approaches in the Classroom. *Science Education*, 98(2), 179–199.
- Díaz Barriga, F. (2016). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo*. McGraw Hill.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *Política nacional para la gestión integral de residuos sólidos*. MinAmbiente.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2014). *Guía para la gestión integral de residuos sólidos*. MVCT.
- European Environment Agency. (2016). *Waste management: The role of landfill*. EEA.
- Christensen, T. H. (2011). *Solid waste technology and management*. Wiley.
- World Health Organization. (2017). *Safe management of wastes from health-care activities* (2nd ed.). WHO Press.
- Congreso de la República de Colombia. (1991). *Constitución Política de Colombia*.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *Política nacional para la gestión integral de residuos sólidos*.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible & Ministerio de Educación Nacional. (2002). *Política Nacional de Educación Ambiental*.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2015). *Decreto 1077 de 2015*.
- Departamento Nacional de Planeación. (2022). *Plan Nacional de Desarrollo 2022–2026*.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2019). *Resolución 2184 de 2019*.
- Restrepo, B. (2004). La investigación-acción educativa y la construcción de saber pedagógico. *Educación y Educadores*, 7, 45-55.

- Denzin, N. K. (2017). *The Research Act: A Theoretical Introduction to Sociological Methods*. Aldine Transaction.
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill.
- Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (1985). *Naturalistic Inquiry*. Sage Publications.
- Vargas-Hernández, J. G. (2020). Estrategias de aprendizaje en el enfoque STEM. *Revista de Educación y Tecnología*.

Anexos

Anexo 1. Documento protocolo consideraciones éticas para los trabajos de investigación del programa.

PROTOCOLO CONSIDERACIONES ÉTICAS DE LOS TRABAJO DE INVESTIGACIÓN DEL PROGRAMA

La Maestría en Educación STEM, y en coherencia con el compromiso institucional hacia una formación investigativa con criterio ético, plantea el presente protocolo como una guía práctica tanto para estudiantes y tutores de los módulos de Investigación y Trabajo de Investigación, como para directores de trabajo de investigación. Su finalidad principal es asegurar que, al momento de desarrollar sus proyectos, se integren y examinen con cuidado los aspectos éticos que correspondan.

Este proceso es de gran relevancia, en especial cuando las investigaciones involucran a cualquier población, lo cual exige una especial atención a sus derechos, a su bienestar y a su dignidad. Por tanto, no se trata solo de un requisito formal, sino de atender al cumplimiento de la normatividad vigentes en Colombia sobre aspectos bioéticos y una responsabilidad académica.

En sentido, es una parte crucial del proceso investigativo que llevan a cabo los estudiantes de la Maestría en Educación STEM y debe completarse antes de la aplicación de los instrumentos de manera que se garantice los aspectos éticos de sus proyectos de investigación. A continuación, se detallan los pasos definidos por el programa para llevar a cabo dicha revisión. Al final se incluye un anexo con una estructura sugerida para abordar este componente dentro del informe final.

Marco normativo

Con el propósito que el planteamiento de las consideraciones éticas de los trabajos de investigación se alinee con la normativa colombiana, se describen las principales normas a tener en cuenta.

Resolución 8430 de 1993. Establece normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud con seres humanos. Se describen los principios éticos que deben seguir en el proceso, estableciendo niveles de riesgo (sin riesgo, mínimo y mayor al mínimo); además, exige el uso de consentimientos informados para garantizar la autonomía de los participantes. En el artículo 14 se establece que todo participante o representante legal debe autorizar por escrito su participación con pleno conocimiento de riesgos y beneficios. En el anexo 3 se incluye como ejemplo una propuesta de consentimiento informado.

Ley 1581 de 2012 (Habeas Data). Establece principios para la regulación de la protección de datos personales en Colombia. Plantea procedimientos de transparencia y tratamiento de este tipo de información por parte de entidades públicas o privadas. Para el caso de la investigación, exige informar al titular sobre el uso de sus datos y es necesario contar con su autorización explícita y, que se garantice el derecho a conocer, actualizar o eliminar su información.

Ley 23 de 1982. Regula los derechos morales y patrimoniales de los autores sobre las obras intelectuales. Por su parte, la Ley 1403 de 2010 actualiza la anterior ley, especialmente para entornos digitales. Estas leyes protegen las producciones intelectuales de los investigadores y participantes, así como el uso correcto de fuentes y materiales con derechos reservados.

Principios generales de la ética aplicada

En la tabla 1 se describen los principios generales de la ética aplicada basado en Borenstein (2018).

Tabla 1. Principios generales de la ética.

Principio	Definición	Ejemplo
Beneficencia y no maleficencia	Obligación de proteger el bienestar del otro u otros. Maximizar su bienestar y minimizar el riesgo de daño. Ser competente, eficiente, diligente y responsable.	En la realización de un experimento social, es necesario identificar los posibles riesgos de daño (físico, moral, mental, etc) y proponer estrategias para evitarlos y, en caso de suceder, ser capaz de prevalecer el bienestar del sujeto sobre la investigación.
Respeto por las personas o autonomía	Proteger la autonomía de los sujetos participantes de la investigación y reconocerlos como competentes para tomar decisiones sobre su vida.	En un estudio de trabajo directo con individuos, se debe informar sobre los objetivos del estudio, la metodología, los posibles riesgos, los beneficios y cómo se garantizará la protección de su información. Se realiza mediante un consentimiento informado. Se debe aclarar a los participantes que su aprobación y firma es voluntario y que son libres de retirarse de éste sin represalias.
Justicia	El imperativo que los beneficios y los costos de la investigación estén distribuidos de forma justa.	Una investigación que se realiza con población vulnerable, asegurar y declarar cómo los resultados del estudio benefician directamente a la comunidad. Justificar por qué la población es el foco de la investigación y no podría desarrollarse con otra menos vulnerable. Evitar prácticas extractivas, esto es, no recopilar datos sin retribuir en algo a la comunidad

		participante, ya sea con formaciones, devolución de resultados o recursos.
--	--	--

Conflicto de intereses

Se presenta un conflicto cuando cualquier circunstancia (personal, financiera, profesional u otros) puede comprometer (real o aparentemente) el juicio objetivo del investigador en el desarrollo del proceso investigativo. Los conflictos de interés más comunes pueden ser:

Personales o relacionales: se presenta cuando existen vínculos personales, familiares o cercanos con los participantes o instituciones involucradas y que puedan sesgar la investigación.

Financieros: se presenta cuando el investigador o un miembro de la familia reciben beneficios económicos (consultorías, donaciones, entre otros) asociados con los resultados del estudio.

Presión de un externo: se presenta cuando una entidad con poder de decisión influye sobre el investigador.

Fuentes y niveles de riesgo

De acuerdo con Arwood & Panicker (2019) una fuente de riesgo en un proceso investigativo hace referencia a cualquier situación, condición o procedimiento que pueda generar algún daño físico, psicológico, social o moral a los participantes. Estas fuentes deben identificarse oportunamente para garantizar el bienestar y derechos de las personas involucradas. A continuación, se describen las fuentes:

Invasión de la privacidad. Recolectar información personal sin el consentimiento informado de los participantes del estudio. También implica al permitir que la información que se ha garantizado proteger sea difundida.

Información perjudicial para los sujetos de investigación. Hacer pública información que no ha sido autorizada y que además puede generar un daño psicológico, físico o social en los sujetos de estudio.

La metodología del estudio. Utilizar instrumentos que expongan a algún riesgo a los participantes o emplear preguntas que aborden temas sensibles, por ejemplo: información sobre experiencias dolorosas, de carácter privado o íntimo o sobre comportamientos ilegales.

De acuerdo con la Resolución 8430 de 1993 establece como niveles de riesgo los siguientes:

Cero riesgos. El riesgo que enfrentan los participantes es igual o muy similar al que enfrentarían si no se realizara la investigación. Por ejemplo, información secundaria anonimizada, agregada o información de acceso público.

Mínimo. El riesgo que enfrentan los participantes es mayor al que enfrentarían si no se realizara la investigación, pero son poco probables. Los daños que se podrían ocasionar son menores y es

viable tomar medidas para prevenir o remediarlos. Si hay un riesgo, implica que existe la probabilidad de un daño.

Mayor al mínimo. El riesgo que enfrentan los participantes es mayor al que enfrentarían si no se realizara el proyecto y tiene una alta probabilidad. Los daños que se podrían ocasionar son importantes y es poco viable tomar medidas para prevenir o remediarlos. Si presenta cualquiera de estas situaciones, el proyecto es de riesgo mayor al mínimo.

Los anteriormente expuesto es lo que se espera tener en cuenta al momento de definir las consideraciones éticas dentro de los trabajos de investigación. Con el propósito de garantizar que se cumpla con este requisito, a continuación, se presenta el proceso a seguir para su validación.

Proceso

Las siguientes fases son las que se deben llevar a cabo respecto a las consideraciones éticas en los proyectos de investigación que se desarrollan en el marco de la Maestría en Educación STEM.

Etapa 1. Redacción de las consideraciones éticas dentro del informe de investigación. En el anexo 1 se propone una guía para esta sección en la cual se deben registran los datos que correspondan al trabajo de investigación en particular. Elaborar los consentimientos informados y de asentimiento para el caso de menores de edad, si aplica. En los anexos 3 y 4 se encuentra una propuesta como ejemplo de consentimiento informado para personas menores y mayores de edad. En el anexo un ejemplo de autorización por parte de la institución educativa.

Una vez elaborada esta sección, el director de trabajo de investigación verificará que esta sección y, los consentimientos informados y de asentimiento estén redactados de manera clara y que contemplen todos los elementos de las consideraciones éticas.

El cronograma para el envío de los documentos será definido por la coordinación del programa, teniendo en cuenta el calendario académico de la cohorte de los estudiantes.

Etapa II. Evaluación por parte del comité de investigación del programa. Este comité está conformado por los directores de trabajo de investigación, la coordinación del programa y el líder de investigación de la Escuela de Ciencias Básicas o su representante. Los estudiantes envían a la coordinación del programa la sección de consideraciones éticas, los consentimientos informados y los instrumentos que se van a aplicar, para que el comité del programa y el líder de investigación de la escuela evalúen los siguientes aspectos:

- Claridad.
- Identificación clara del nivel de riesgo

- Plan de manejo de datos y confidencialidad
- Cumplimientos de los principios de autonomía, justicia, beneficencia y no maleficencia.

El comité contará con cinco días hábiles para realizar la revisión de los documentos y emitir el concepto.

Etapas III. Aprobación o devolución. Si los documentos cumplen con las condiciones, el comité emite un aval ético firmados por la coordinación del programa y el líder de investigación de la escuela. Si, por el contrario, se requieren ajustes, se notifica al estudiante y director con las observaciones que corresponda y establece un plazo para su corrección.

Los estudiantes contarán con cinco días hábiles para realizar los ajustes y enviar de nuevo los documentos para una nueva revisión.

Cabe aclarar que sólo con este aval se autoriza la aplicación de instrumentos. Aquellos proyectos con riesgo mayor al mínimo deben ser revisados y avalados por el comité de ética de la institución.

Anexo 2. Documento Propuesta redacción consideraciones éticas de trabajos de investigación de la Maestría en Educación STEM

Teniendo en cuenta que este es un proyecto de investigación de enfoque mixto y de carácter educativo con diseño de Investigación Acción Pedagógica, y que se emplearán como herramientas de recolección de información cuestionarios de pretest y post-test, actividades de diseño de prototipos y observación directa registrada en diarios de campo, se plantean los siguientes aspectos de consideraciones éticas de la investigación.

Este trabajo de investigación cumple con los lineamientos establecidos en la Resolución 008430 de 1993 del Ministerio de Salud de la República de Colombia, en cuanto a normas científicas, técnicas y administrativas para proyectos con participación de seres humanos. En correspondencia con esta normativa, y dadas las características del estudio, se clasifica como una investigación de riesgo mínimo, dado que se trata de un estudio de carácter pedagógico que no realiza intervenciones físicas ni psicológicas invasivas, y los datos recolectados mediante cuestionarios y observación de aula no abordan temas sensibles que puedan comprometer la integridad de los menores.

Para el proceso de recolección de datos se realizará el proceso de consentimiento informado y asentimiento informado, antes de cualquier participación. Este proceso será escrito según el

instrumento utilizado, y contendrá información clara sobre los objetivos del estudio, los posibles riesgos y beneficios, el derecho a retirarse en cualquier momento y la protección de los datos recolectados (Anexo #). En el caso de encuestas en línea, se incorporará el consentimiento dentro del enlace digital, el cual debe ser aceptado expresamente por cada participante. Sólo podrán participar quienes luego de leer y comprender el consentimiento informado, acepten su participación.

Respecto al tratamiento de la información, se garantizará la confidencialidad, el anonimato y la protección de datos personales, en concordancia con la Ley 1581 de 2012 (Habeas Data), así como con los principios éticos universales establecidos en la Declaración Universal sobre Bioética y Derechos Humanos (UNESCO, 2005), especialmente los relacionados con el respeto por la privacidad, la no discriminación y el manejo ético de la información sensible.

Esta investigación aporta beneficios tanto para los participantes como para la comunidad académica y la sociedad. A los participantes les permitirá reflexionar o fortalecer su comprensión sobre el funcionamiento técnico de los rellenos sanitarios, la gestión integral de residuos sólidos y el reconocimiento de estos como recursos aprovechables a través del pensamiento científico y ambiental, y al conjunto de la sociedad, contribuirá con datos relevantes que pueden apoyar la toma de decisiones sobre el mejoramiento de los procesos educativos ambientales en la educación básica primaria y la implementación de estrategias pedagógicas interdisciplinarias (STEM) que conecten los problemas del territorio con la innovación escolar

Finalmente, se garantizará el cumplimiento de los principios de integridad científica, incluyendo la transparencia en la recolección y análisis de datos, la honestidad en la presentación de resultados, la no manipulación ni falsificación de datos, y el respeto por la autoría y derechos de propiedad intelectual.

Anexo 3. Documento Carta autorización del rector(a) o representante legal de la institución

Carta autorización del rector(a) o representante legal de la institución

Este documento corresponde a un formato para solicitar autorización a rectores, coordinadores o representantes legales de establecimientos donde se realizará la investigación, ya que es posible que algunas instituciones cuenten con consentimientos informados y autorización de uso de datos de los padres de familia.

Sr.(a)

Sandra patricia valero hernandez

City college San Amor

Por medio del presente documento autorizo al investigador/a _ KARINT JINNETH MENDIVELSO ZAMBRANO, CLARENA DEL CARMEN CEBALLOS PEÑA], identificado(a) con CC 1049658493 de Tunja, y 1067961623 de Montería, responsable del proyecto titulado DEL RESIDUO AL RECURSO: ESTRATEGIA STEM PARA FORTALECER LA EDUCACIÓN

AMBIENTAL EN TORNO AL FUNCIONAMIENTO DE LOS RELLENOS SANITARIOS correspondiente al Trabajo de Investigación que está desarrollando el marco la Maestría en Educación STEM del Politécnico Grancolombiano.

Entiendo que el objetivo principal de la investigación es Desarrollar en los estudiantes de grado quinto de la institución educativa City College San Amor, competencias científicas y ambientales mediante la implementación de una estrategia con enfoque STEM en relación con el funcionamiento de los Rellenos Sanitarios. Comprendo que para la correcta ejecución del proyecto es fundamental solicitar información personal, conforme a los procedimientos y metodologías que se informan a continuación:

El proyecto se desarrollará bajo un diseño de Investigación-Acción Pedagógica con un enfoque mixto. La población de estudio consiste en 26 estudiantes de grado quinto de básica primaria de la Institución Educativa City College San Amor, con edades entre los 10 y 11 años.

El proceso se llevará a cabo en tres fases principales:

1. Fase de Diagnóstico: Aplicación de un cuestionario pre-test para caracterizar los conocimientos previos sobre residuos sólidos.
2. Fase de Diseño e Implementación: Ejecución de la estrategia pedagógica 'Del residuo al recurso' basada en el enfoque STEM, donde los estudiantes diseñarán prototipos y maquetas del funcionamiento de rellenos sanitarios; durante esta etapa se realizará observación directa registrada en diarios de campo.
3. Fase de Evaluación: Aplicación de un post-test y rúbricas de evaluación para determinar el impacto en el desarrollo de competencias científicas y ambientales.

Se estima que la ejecución de estas intervenciones en el aula requerirá de un tiempo aproximado de un período académico, integrando las actividades dentro del horario escolar de ciencias naturales y ciencias integradas.

De lo anterior, comprendo que el proyecto implica un riesgo mínimo y un manejo confidencial, por lo que los participantes no serán identificados en los documentos o publicaciones derivadas del estudio. La información obtenida será utilizada sólo con fines de esta investigación.

Permito la recopilación de información a través de los cuestionarios de conocimientos previos (pre-test) y de evaluación final (post-test), el registro de observación directa en diarios de campo por parte de la investigadora, y el análisis de evidencias fotográficas recolectadas a lo largo de la implementación de la estrategia STEM.

Ante cualquier duda o consultas respecto a la investigación puede contactar al investigador responsable KARINT JINNETH MENDIVELSO ZAMBRANO, CLARENA DEL CARMEN CEBALLOS PEÑA, 3203920484 y 3128932774 respectivamente.

La presente Autorización se firma en dos ejemplares. Uno de los documentos queda en poder del investigador y el otro en poder del SANDRA PATRICIA VALERO HERNANDEZ. Para formalizar el permiso en este estudio,

firmo a continuación.



NOMBRE DEL RECTOR(A) O REPRESENTANTE

Tunja, 10 de mayo del 2026

Anexo 4. Documento Consentimiento informado y autorización de uso de datos personales de estudiantes menores de edad bajo mi patria potestad.

Consentimiento informado y autorización de uso de datos personales de estudiantes menores de edad bajo mi patria potestad

Este documento corresponde a un consentimiento informado para participar de manera voluntaria en el PROYECTO [DEL RESIDUO AL RECURSO: ESTRATEGIA STEM PARA FORTALECER LA EDUCACIÓN AMBIENTAL EN TORNO AL FUNCIONAMIENTO DE LOS RELLENOS SANITARIOS] desarrollado en el marco de la MAESTRÍA EN EDUCACIÓN STEM de la INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA POLITÉCNICO GRANCOLOMBIANO, identificada con NIT 860.078.643-1 (en adelante, el POLITÉCNICO), y AUTORIZO al POLITÉCNICO, para que trate los datos personales suministrados por estudiantes menores de edad bajo mi patria potestad para su utilización única y exclusivamente para los fines establecidos conforme a las siguientes declaraciones:

CONSIDERACIONES

1. Que el POLITÉCNICO es una institución universitaria, entidad sin ánimo de lucro, reconocida por el Gobierno Nacional de la República de Colombia y que tiene por objeto prestar servicios en todos los campos de acción de la educación, en especial de la educación superior.
2. Que actualmente el POLITÉCNICO se encuentra desarrollando en cabeza de los estudiantes de la Maestría en Educación STEM el trabajo de investigación titulado DEL

RESIDUO AL RECURSO: ESTRATEGIA STEM PARA FORTALECER LA EDUCACIÓN AMBIENTAL EN TORNO AL FUNCIONAMIENTO DE LOS RELLENOS SANITARIOS que consiste en Desarrollar en los estudiantes de grado quinto de la institución educativa City College San Amor, competencias científicas y ambientales mediante la implementación de una estrategia con enfoque STEM en relación con el funcionamiento de los Rellenos Sanitarios, en adelante EL PROYECTO.

3. Que para la correcta ejecución de EL PROYECTO es fundamental solicitar información personal según lo planteado más adelante en el presente documento relacionada con la colaboración del ESTUDIANTE PARTICIPANTE MENOR DE EDAD y de su TUTOR LEGAL, conforme a los procedimientos y metodologías que se informan más adelante.
4. Que el presente documento que se registrará por las siguientes declaraciones y en lo no previsto en ellas por las normas legales vigentes en la República de Colombia:

DECLARACIONES

Primero – JUSTIFICACIÓN: EL PROYECTO que actualmente se está realizando tiene como objetivo Desarrollar en los estudiantes de grado quinto de la institución educativa City College San Amor, competencias científicas y ambientales mediante la implementación de una estrategia con enfoque STEM en relación con el funcionamiento de los Rellenos Sanitarios; al igual que cumplir con las funciones y el objeto del POLITÉCNICO de promover la investigación académica de forma responsable y ética frente a la comunidad educativa y la sociedad en general.

Segundo – OBJETIVOS ESPECÍFICOS: EL PROYECTO cuenta con los siguientes objetivos específicos para el desarrollo adecuado y satisfactorio de la investigación:

1. Caracterizar los conocimientos previos de los estudiantes de grado quinto sobre los residuos sólidos y rellenos sanitarios, mediante actividades de exploración de saberes, compuestas por cuestionarios y ejercicios prácticos para visualizar el funcionamiento de los rellenos.
2. Diseñar una estrategia pedagógica con enfoque STEM que permita a los estudiantes de grado quinto fortalecer las competencias científicas y ambientales en relación con el funcionamiento de los Rellenos Sanitarios.
3. Evaluar la estrategia para determinar su impacto en el desarrollo de competencias científicas y ambientales de los estudiantes sobre los procesos que se llevan a cabo en los rellenos sanitarios.

Tercero – PROCEDIMIENTOS: EL PROYECTO se desarrollará llevando a cabo el procedimiento que se describe a continuación:

Descripción General del Proceso Metodológico: El proyecto se llevará a cabo bajo un diseño de Investigación-Acción Pedagógica con un enfoque mixto, estructurado en tres fases:

Fase de Diagnóstico: Se aplicará un cuestionario de ideas previas (pre-test) para identificar el nivel de conocimiento inicial de los estudiantes sobre la gestión de residuos sólidos.

Fase de Intervención: Se implementará la estrategia pedagógica "Del residuo al recurso" basada en el enfoque STEM. En esta etapa, los estudiantes participarán en sesiones de experimentación y diseño de soluciones tecnológicas, como la construcción de maquetas funcionales que simulan el funcionamiento de un relleno sanitario. Durante este proceso, se realizará observación directa registrada en diarios de campo.

Fase de Evaluación: Se aplicará un cuestionario final (post-test) y rúbricas de desempeño para analizar el fortalecimiento de las competencias científicas y ambientales alcanzadas.

Por su participación en esta investigación, los estudiantes se benefician al fortalecer su pensamiento crítico y científico mediante el aprendizaje activo, permitiéndoles comprender procesos técnicos reales de su entorno (como el tratamiento de lixiviados y biogás) y proponer soluciones innovadoras a problemas ambientales de su comunidad. Los profesores se benefician al recibir una estrategia pedagógica validada y basada en el enfoque STEM que pueden replicar para mejorar la enseñanza de las ciencias naturales. La institución se beneficia al obtener datos concretos y herramientas educativas que apoyen la toma de decisiones para el fortalecimiento de la educación ambiental y la cultura de la sostenibilidad desde la educación básica primaria

Cuarto – RESPONSABLE: EL PROYECTO que actualmente se está realizando está a cargo de KARINT JINNETH MENDIVELSO ZAMBRANO, CLARENA DEL CARMEN CEBALLOS PEÑA, estudiantes de la Maestría en Educación STEM y quienes desarrollan el trabajo de investigación y quienes serán los responsables de dar respuesta a las inquietudes generadas en cualquier momento del estudio.

Quinto – RIESGOS: EL PROYECTO que adelanta los estudiantes de la Maestría en Educación STEM de acuerdo con la información establecida en el presente documento no implica riesgo alguno, para la integridad del PARTICIPANTE, en tanto que su integridad física y psicológica no se encuentran comprometidas por la naturaleza del procedimiento ni la metodología utilizada.

Quinto – RIESGOS: EL PROYECTO que adelanta el POLITÉCNICO implica un riesgo mínimo, acuerdo con los siguientes aspectos:

La recolección de datos se enfoca estrictamente en el desempeño escolar y la percepción ambiental, evitando la vulneración de la intimidad del núcleo familiar o personal, adicionalmente Las actividades se realizan en un ambiente seguro y supervisado, utilizando materiales de reciclaje limpios y herramientas escolares de uso cotidiano.

Parágrafo: En conformidad con lo establecido con anterioridad, el PARTICIPANTE es consciente de los riesgos que implica su participación en EL PROYECTO, de tal forma que los asume en su totalidad y exonera al POLITÉCNICO por cualquier daño o perjuicio que pueda sufrir por su participación.

Séptimo – REQUISITOS DE ELEGIBILIDAD: El PROYECTO que adelanta el POLITÉCNICO establece los siguientes criterios de inclusión y exclusión para participar en el mismo:

1. Se incluyen profesores de asignaturas o áreas de ciencias en grado quinto en la institución.
2. Se incluyen estudiantes de grado quinto.
3. Se incluyen profesionales que conocen bien las asignaturas o área de ciencias en grado quinto en la institución.
4. Se excluyen personas que no cumplan los criterios contemplados en los tres puntos anteriores.

Sexto – CONFIDENCIALIDAD: El POLITÉCNICO se obliga a no revelar, divulgar, exhibir, mostrar y/o comunicar la información que le sea suministrada por el PARTICIPANTE de forma oral o escrita para el desarrollo de EL PROYECTO a persona natural o jurídica alguna, ni a utilizarla en favor de terceros y, en consecuencia, se obliga a mantenerla de manera confidencial y privada y a proteger dicha información para evitar su divulgación no autorizada ejerciendo sobre esta el mismo grado de diligencia que utiliza para proteger información confidencial de su propiedad. En consecuencia, el POLITÉCNICO se obliga a utilizar la información suministrada únicamente de la manera y para los fines establecidos en este documento.

Parágrafo: La confidencialidad a que se refiere esta cláusula se mantendrá hasta que la información adquiera el carácter de pública o hasta el momento en que el PARTICIPANTE autorice su revelación.

Séptimo – AUTORIZACIÓN DATOS PERSONALES: Por medio del presente documento el PARTICIPANTE autoriza al POLITÉCNICO para que recolecte, recaude, almacene, use, circule, suprima, procese, compile, intercambie, trate, actualice y disponga de los datos suministrados por medio de este documento y haga uso de las datos personales concernientes a su nombre, para que sean tratados o utilizados para los fines académicos establecidos en EL PROYECTO y para el uso exclusivo de los estudiantes, profesores, investigadores y personas adscritas a la institución educativa que participen en el proyecto.

Parágrafo: El TUTOR MAYOR DE EDAD CON PATRIA POTESTAD SOBRE EL ESTUDIANTE PARTICIPANTE (en adelante, el TUTOR) declara que actúa como guardián legal del estudiante que suministra sus datos personales, de tal forma que se compromete a mantener indemne al POLITÉCNICO por cualquier controversia que pueda surgir por la vulneración de datos personales y/o por la información incorrecta o falsa que se suministre.

Octavo – INDEMNIDAD: El TUTOR manifiesta y declara que ha leído con atención el contenido del presente documento y que la información que provee para el desarrollo de EL PROYECTO es verídica, completa y auténtica, de tal forma que exonera y mantendrá indemne al POLITÉCNICO y sus entidades afiliadas, su Rector, vicerrectores, decanos, directores, administrativos, empleados, trabajadores y agentes por cualquier responsabilidad, reclamos o demandas de cualquier naturaleza, ya sea en derecho o en equidad, que surjan o puedan surgir por su participación en el PROYECTO.

Parágrafo primero: El TUTOR, de manera voluntaria, procede a dar respuesta a la siguiente DECLARACIÓN DE CONSENTIMIENTO:

Declaro que he leído y entendido la información general del estudio Si ☒ No ☐

Declaro que he tenido la oportunidad de hacer preguntas libremente y obtener respuestas satisfactorias

Si ☒ No ☐

Declaro que he recibido suficiente información relacionada con el estudio Si ☒ No ☐

Declaro de haber sido informado por un investigador cuyo nombre y apellido se referencian en el presente documento

Si ☒ No ☐

Declaro comprender que mi participación es voluntaria y que tengo libertad de retirarme en cualquier momento sin perjuicio alguno Si ☒ No ☐

Declaro comprender que mis datos serán tratados de forma confidencial y los resultados derivados de la presente investigación que sean publicados garantizarán la protección de mi identidad Si ☒ No ☐

Declaro tener conocimiento que recibiré una copia firmada y sellada de este formulario de consentimiento. Si ☒ No ☐

Acepto libremente la participación del estudiante de quien soy tutor o guardián legal, en este estudio Si ☒ No ☐

SUSCRIPCIÓN: Que una vez leído el documento y respondidas las preguntas que haya podido tener en relación con EL PROYECTO y su participación en el mismo, el TUTOR suscribe de forma libre y voluntaria el presente consentimiento informado y la autorización para el tratamiento de datos personales en Bogotá, a los ____ () días del mes de ____ de 202__.

NOMBRE Y FIRMA DEL TUTOR

Anexo 5 Documento Consentimiento informado y autorización de uso de datos personales

Consentimiento informado y autorización de uso de datos personales

Este documento corresponde a un consentimiento informado para participar de manera voluntaria en el PROYECTO DEL RESIDUO AL RECURSO: ESTRATEGIA STEM PARA FORTALECER LA EDUCACIÓN AMBIENTAL EN TORNO AL FUNCIONAMIENTO DE LOS RELLENOS SANITARIOS desarrollado en el marco de la MAESTRÍA EN EDUCACIÓN STEM de la INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA POLITÉCNICO GRANCOLOMBIANO, identificada con

NIT 860.078.643-1 (en adelante, el POLITÉCNICO), y AUTORIZO al POLITÉCNICO, para que trate los datos personales suministrados por estudiantes menores de edad bajo mi patria potestad para su utilización única y exclusivamente para los fines establecidos conforme a las siguientes declaraciones:

CONSIDERACIONES

5. Que el POLITÉCNICO es una institución universitaria, entidad sin ánimo de lucro, reconocida por el Gobierno Nacional de la República de Colombia y que tiene por objeto prestar servicios en todos los campos de acción de la educación, en especial de la educación superior.
6. Que actualmente el POLITÉCNICO se encuentra desarrollando en cabeza de los estudiantes de la Maestría en Educación STEM el trabajo de investigación DEL RESIDUO AL RECURSO: ESTRATEGIA STEM PARA FORTALECER LA EDUCACIÓN AMBIENTAL EN TORNO AL FUNCIONAMIENTO DE LOS RELLENOS SANITARIOS que consiste en Desarrollar en los estudiantes de grado quinto de la institución educativa City College San Amor, competencias científicas y ambientales mediante la implementación de una estrategia con enfoque STEM en relación con el funcionamiento de los Rellenos Sanitarios, en adelante EL PROYECTO.
7. Que para la correcta ejecución de EL PROYECTO es fundamental solicitar información personal según lo planteado más adelante en el presente documento relacionada con la colaboración del PARTICIPANTE, conforme a los procedimientos y metodologías que se informan más adelante.
8. Que el presente documento que se registrará por las siguientes declaraciones y en lo no previsto en ellas por las normas legales vigentes en la República de Colombia:

DECLARACIONES

Primero – JUSTIFICACIÓN: EL PROYECTO que actualmente se está realizando tiene como objetivo Desarrollar en los estudiantes de grado quinto de la institución educativa City College San Amor, competencias científicas y ambientales mediante la implementación de una estrategia con enfoque STEM en relación con el funcionamiento de los Rellenos Sanitarios ; al igual que cumplir con las funciones y el objeto del POLITÉCNICO de promover la investigación académica de forma responsable y ética frente a la comunidad educativa y la sociedad en general.

Segundo – OBJETIVOS ESPECÍFICOS: EL PROYECTO cuenta con los siguientes objetivos específicos para el desarrollo adecuado y satisfactorio de la investigación:

4. Caracterizar los conocimientos previos de los estudiantes de grado quinto sobre los residuos sólidos y rellenos sanitarios, mediante actividades de exploración de saberes,

compuestas por cuestionarios y ejercicios prácticos para visualizar el funcionamiento de los rellenos.

5. Diseñar una estrategia pedagógica con enfoque STEM que permita a los estudiantes de grado quinto fortalecer las competencias científicas y ambientales en relación con el funcionamiento de los Rellenos Sanitarios.
6. Evaluar la estrategia para determinar su impacto en el desarrollo de competencias científicas y ambientales de los estudiantes sobre los procesos que se llevan a cabo en los rellenos sanitarios.

Tercero – PROCEDIMIENTOS: EL PROYECTO se desarrollará llevando a cabo el procedimiento que se describe a continuación:

Descripción General del Proceso Metodológico: El proyecto se llevará a cabo bajo un diseño de Investigación-Acción Pedagógica con un enfoque mixto, estructurado en tres fases:

Fase de Diagnóstico: Se aplicará un cuestionario de ideas previas (pre-test) para identificar el nivel de conocimiento inicial de los estudiantes sobre la gestión de residuos sólidos.

Fase de Intervención: Se implementará la estrategia pedagógica "Del residuo al recurso" basada en el enfoque STEM. En esta etapa, los estudiantes participarán en sesiones de experimentación y diseño de soluciones tecnológicas, como la construcción de maquetas funcionales que simulan el funcionamiento de un relleno sanitario. Durante este proceso, se realizará observación directa registrada en diarios de campo.

Fase de Evaluación: Se aplicará un cuestionario final (post-test) y rúbricas de desempeño para analizar el fortalecimiento de las competencias científicas y ambientales alcanzadas.

Por su participación en esta investigación, los estudiantes se benefician al fortalecer su pensamiento crítico y científico mediante el aprendizaje activo, permitiéndoles comprender procesos técnicos reales de su entorno (como el tratamiento de lixiviados y biogás) y proponer soluciones innovadoras a problemas ambientales de su comunidad. Los profesores se benefician al recibir una estrategia pedagógica validada y basada en el enfoque STEM que pueden replicar para mejorar la enseñanza de las ciencias naturales. La institución se beneficia al obtener datos concretos y herramientas educativas que apoyen la toma de decisiones para el fortalecimiento de la educación ambiental y la cultura de la sostenibilidad desde la educación básica primaria.

Cuarto – RESPONSABLE: EL PROYECTO que actualmente se está realizando está a cargo de KARINT JINNETH MENDIVELSO ZAMBRANO, CLARENA DEL CARMEN CEBALLOS PEÑA, estudiantes de la Maestría en Educación STEM y quienes desarrollan el trabajo de investigación y quienes serán los responsables de dar respuesta a las inquietudes generadas en cualquier momento del estudio.

Quinto – RIESGOS: EL PROYECTO que adelanta los estudiantes de la Maestría en Educación STEM de acuerdo con la información establecida en el presente documento no implica o algún

riesgo, para la integridad del PARTICIPANTE, en tanto que su integridad física y psicológica no se encuentran comprometidas por la naturaleza del procedimiento ni la metodología utilizada.

Sexto – RIESGOS: EL PROYECTO que adelanta el POLITÉCNICO implica un riesgo mínimo, acuerdo con los siguientes aspectos:

La recolección de datos se enfoca estrictamente en el desempeño escolar y la percepción ambiental, evitando la vulneración de la intimidad del núcleo familiar o personal, adicionalmente Las actividades se realizan en un ambiente seguro y supervisado, utilizando materiales de reciclaje limpios y herramientas escolares de uso cotidiano.

Parágrafo: En conformidad con lo establecido con anterioridad, el PARTICIPANTE es consciente de los riesgos que implica su participación en EL PROYECTO, de tal forma que los asume en su totalidad y exonera al POLITÉCNICO por cualquier daño o perjuicio que pueda sufrir por su participación.

Séptimo – REQUISITOS DE ELEGIBILIDAD: El PROYECTO que adelanta el POLITÉCNICO establece los siguientes criterios de inclusión y exclusión para participar en el mismo:

1. Se incluyen profesores de asignaturas o áreas de ciencias en grado quinto en la institución.
2. Se incluyen estudiantes de grado quinto.
3. Se incluyen profesionales que conocen bien las asignaturas o área de ciencias en grado quinto en la institución.
4. Se excluyen personas que no cumplan los criterios contemplados en los tres puntos anteriores.

Octavo – CONFIDENCIALIDAD: El POLITÉCNICO se obliga a no revelar, divulgar, exhibir, mostrar y/o comunicar la información que le sea suministrada por el PARTICIPANTE de forma oral o escrita para el desarrollo de EL PROYECTO a persona natural o jurídica alguna, ni a utilizarla en favor de terceros y, en consecuencia, se obliga a mantenerla de manera confidencial y privada y a proteger dicha información para evitar su divulgación no autorizada ejerciendo sobre esta el mismo grado de diligencia que utiliza para proteger información confidencial de su propiedad. En consecuencia, el POLITÉCNICO se obliga a utilizar la información suministrada únicamente de la manera y para los fines establecidos en este documento.

Parágrafo: La confidencialidad a que se refiere esta cláusula se mantendrá hasta que la información adquiera el carácter de pública o hasta el momento en que el PARTICIPANTE autorice su revelación

Noveno – AUTORIZACIÓN DATOS PERSONALES: Por medio del presente documento el PARTICIPANTE autoriza al POLITÉCNICO para que recolecte, recaude, almacene, use, circule, suprima, procese, compile, intercambie, trate, actualice y disponga de los datos suministrados por medio de este documento y haga uso de las datos personales concernientes a su nombre, para que sean tratados o utilizados para los fines académicos establecidos en EL PROYECTO y para el uso

exclusivo de los estudiantes, profesores, investigadores y personas adscritas a la institución educativa que participen en el proyecto.

Décimo – INDEMNIDAD: El PARTICIPANTE manifiesta y declara que ha leído con atención el contenido del presente documento y que la información que provee para el desarrollo de EL PROYECTO es verídica, completa y auténtica, de tal forma que exonera y mantendrá indemne al POLITÉCNICO y sus entidades afiliadas, su Rector, vicerrectores, decanos, directores, administrativos, empleados, trabajadores y agentes por cualquier responsabilidad, reclamos o demandas de cualquier naturaleza, ya sea en derecho o en equidad, que surjan o puedan surgir por su participación en el PROYECTO.

Parágrafo: EL PARTICIPANTE, de manera voluntaria, procede a dar respuesta a la siguiente DECLARACIÓN DE CONSENTIMIENTO:
Declaro que he leído y entendido la información general del estudio Si ☒ No ☐

Declaro que he tenido la oportunidad de hacer preguntas libremente y obtener respuestas satisfactorias

Si ☒ No ☐

Declaro que he recibido suficiente información relacionada con el estudio Si ☒ No ☐

Declaro de haber sido informado por un investigador cuyo nombre y apellido se referencian en el presente documento

Si ☒ No ☐

Declaro comprender que mi participación es voluntaria y que tengo libertad de retirarme en cualquier momento sin perjuicio alguno Si ☒ No ☐

Declaro comprender que mis datos serán tratados de forma confidencial y los resultados derivados de la presente investigación que sean publicados garantizarán la protección de mi identidad Si ☒ No ☐

Declaro tener conocimiento que recibiré una copia firmada y sellada de este formulario de consentimiento. Si ☒ No ☐

SUSCRIPCIÓN: Que una vez leído el documento y respondidas las preguntas que haya podido tener en relación con EL PROYECTO y su participación en el mismo, el PARTICIPANTE suscribe de forma libre y voluntaria el presente consentimiento informado y la autorización para el tratamiento de datos personales en Bogotá, a los ____ () días del mes de ____ de 202__.

NOMBRE Y FIRMA DEL PARTICIPANTE

Anexo 6. Validación de la estrategia: Experto 1.

Ciudad: Tunja, Boyacá

Asunto: Solicitud de Validación de Instrumento de Recolección de Datos (Pre-test) y actividades complementarias.

Respetados Validadores,

Por medio de la presente, me dirijo a ustedes para solicitar su colaboración en el proceso de Juicio de Expertos para la validación del instrumento titulado: "Pre-test de Indagación Científica y Conciencia Ambiental" y actividades complementarias. Estos instrumentos forman parte de una propuesta pedagógica dirigida a estudiantes de grado quinto, la cual busca evaluar y fortalecer sus competencias en el manejo de residuos y comprensión del impacto ambiental en el contexto del Relleno Sanitario Urbaser.

El pre-test consta de 7 ítems diseñados bajo los estándares de la indagación científica y el pensamiento crítico. A continuación, se especifica la correspondencia de las preguntas con las dimensiones de la rúbrica de evaluación adjunta:

Pregunta del Pre-test	Dimensión y Objetivo de la Pregunta	Claridad Las preguntas (P1-P7) están relacionadas de manera lógica con los objetivos.	Enfoque STEM ¿Integra conceptos de ciencias, tecnología y matemáticas?	Lenguaje ¿Es el adecuado para niños de grado quinto?	Observaciones Sugeridas
P1. ¿Qué es un relleno sanitario y cuál es su función? Explica con tus palabras.	1. Comprensión del Relleno Sanitario: Evaluar la capacidad del estudiante para definir el concepto de relleno sanitario y su propósito principal en la gestión de residuos.	Clara	Básico (Ciencias)	Adecuado	El niño puede explicar con sus palabras
P2 y P3. Si quieres investigar cuánta basura produce tu curso... ¿Qué datos	2. Diseño de Recolección de Datos: Medir la competencia de	Clara	Si (Matemáticas)	Entendible	Muy pertinente para indagación

Pregunta del Pre-test	Dimensión y Objetivo de la Pregunta	Claridad Las preguntas (P1-P7) están relacionadas de manera lógica con los objetivos.	Enfoque STEM ¿Integra conceptos de ciencias, tecnología y matemáticas?	Lenguaje ¿Es el adecuado para niños de grado quinto?	Observaciones Sugeridas
recogerías? ¿Cómo los organizarías?	indagación científica en cuanto a la identificación de variables medibles y la capacidad de estructurar información recolectada.				
P4. Observa la imagen... explica detalladamente cómo se forma el biogás y menciona qué impacto ambiental crees que tendría.	3. Análisis de Gráfico: Biogás y Lixiviados: Verificar si el estudiante puede interpretar diagramas técnicos y explicar procesos químicos/biológicos de descomposición y sus riesgos.	Suficiente	Si (Ciencias Naturales)	Aceptable	La imagen ayuda, pero el concepto de biogás puede necesitar refuerzo
P5 (Situación en el colegio). Describe una estrategia concreta para solucionar este problema... detallando materiales y cómo medirías la efectividad.	4. Propuesta de Solución Ambiental: Evaluar la capacidad de proponer soluciones prácticas, viables y argumentadas ante una problemática ambiental específica en su entorno escolar.	Muy clara	Si (Ingeniería Básica)	Clara	Excelente para fomentar pensamiento crítico

Pregunta del Pre-test	Dimensión y Objetivo de la Pregunta	Claridad Las preguntas (P1-P7) están relacionadas de manera lógica con los objetivos.	Enfoque STEM ¿Integra conceptos de ciencias, tecnología y matemáticas?	Lenguaje ¿Es el adecuado para niños de grado quinto?	Observaciones Sugeridas
P6 (Selección múltiple). ¿Qué sucede con los líquidos que salen de la basura? / ¿Cuál es el mayor beneficio de que Tunja cuente con un relleno como Pírgua?	5. Comprensión del Impacto Ambiental: Identificar el nivel de conocimiento sobre las consecuencias del mal manejo de residuos y los beneficios de sistemas técnicos para el ecosistema regional.	Muy clara	Parcialmente	Muy claro	Las dos preguntas de opción múltiple están bien redactadas
P7 (Caso en casa). Estás en tu casa y te das cuenta de que todos los residuos se están depositando en una sola bolsa... ¿Cuál de las siguientes acciones realizarías?	6. Toma de Decisiones Responsables: Valorar la conciencia ambiental del estudiante y su disposición a actuar como agente de cambio dentro de su núcleo familiar y territorio.	Clara	No Aplica	Muy claro	Refleja una situación cotidiana real

Así mismo, se presenta una secuencia didáctica basada en el enfoque STEM y la Ley 1549. Estas actividades buscan fortalecer las competencias de indagación científica y conciencia ambiental mediante el análisis práctico de la gestión de residuos en el Relleno Sanitario Pírgua.

- **VALIDACIÓN DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA (ENFOQUE STEM)**

Actividad	Descripción Técnica del Proceso	Competencia / Expectativa	Calificación (1-5), Aspectos por destacar, mejorar y sugerencias.
1. Diálogo con el Territorio	Charla magistral con funcionario de Urbaser/Pirgua sobre retos reales y normativa actual.	Conciencia ambiental: Que el estudiante identifique problemáticas y formule preguntas sobre la Ley 1549.	(4) Buena conexión con la realidad local; sugeriría que los estudiantes preparen preguntas antes
2. Cápsulas del Tiempo	Entierran residuos (manzana, plástico, etc.) en frascos para observar cambios físicos y olores.	Indagación científica: Realizar un registro sistemático en bitácora comparando la descomposición.	(5) Muy creativa y práctica. Ideal para observar procesos de descomposición
3. Simulador de Suelos	Reto de indagación con materiales (arena, piedras, arcilla) simulando capas de protección del relleno.	Indagación científica: Comprender que las capas del suelo detienen contaminantes y proponer mejoras técnicas.	(4) Buena simulación. Asegurar que los estudiantes comparen resultados entre grupos
4. Campaña de Sostenibilidad	Diseño de propuesta de mejora para el manejo de residuos en el City College San Amor.	Conciencia ambiental: Liderar acciones de mejora y mensajes de sensibilización basados en la política nacional.	(5) Cierra muy bien la secuencia; fomenta acción real y trabajo en equipo

Valoración general del instrumento (Pre-test) y la secuencia didáctica:

El pre-test es claro, pertinente y está bien alineado con las dimensiones de la rúbrica. Las preguntas abiertas y cerradas permiten evaluar tanto conocimientos conceptuales como habilidades de indagación y toma de decisiones. El lenguaje es adecuado para estudiantes de

grado quinto, aunque conceptos como "biogás" o "lixiviado" pueden requerir una breve explicación previa o apoyo visual adicional.

La secuencia didáctica propuesta es coherente con el enfoque STEM y la Ley 1549. Las actividades son prácticas, progresivas y motivantes para los niños. Se evidencia una clara articulación entre la exploración, la experimentación y la acción final. Recomiendo aplicarla tal como está diseñada.

Sugerencia general: Ninguna crítica mayor. Los instrumentos están listos para ser aplicados.

Nombre del Evaluador:

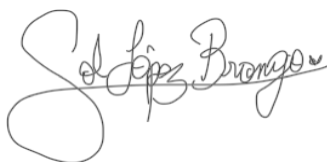
Sol María López Brango

CC. 1067962701

Docente de Química – Secretaría Distrital de Educación y Cultura Turbo

Magister en Innovación y Tecnologías para la Educación.

Firma:



Agradezco su revisión en cuanto a la claridad, pertinencia, coherencia y lenguaje del instrumento, considerando la edad de la población objetivo. Adjunto encontrarán el pre-test completo y el formato de validación con los criterios de la rúbrica.

Atentamente,

Karint Jinneth Mendivelso Zambrano y Clarena Ceballos Peña

Aspirantes a Maestría

Tunja, Colombia

Anexo 7: Validación de la estrategia: experto 2.

Ciudad: Tunja, Boyacá

Asunto: Solicitud de Validación de Instrumento de Recolección de Datos (Pre-test) y actividades complementarias.

Respetados Validadores,

Por medio de la presente, me dirijo a ustedes para solicitar su colaboración en el proceso de Juicio de Expertos para la validación del instrumento titulado: "Pre-test de Indagación Científica y Conciencia Ambiental" y actividades complementarias. Estos instrumentos

forman parte de una propuesta pedagógica dirigida a estudiantes de grado quinto, la cual busca evaluar y fortalecer sus competencias en el manejo de residuos y comprensión del impacto ambiental en el contexto del Relleno Sanitario Urbaser.

El pre-test consta de 7 ítems diseñados bajo los estándares de la indagación científica y el pensamiento crítico. A continuación, se especifica la correspondencia de las preguntas con las dimensiones de la rúbrica de evaluación adjunta:

Pregunta del Pre-test	Dimensión y Objetivo de la Pregunta	Claridad Las preguntas (P1-P7) están relacionadas de manera lógica con los objetivos.	Enfoque STEM ¿Integra conceptos de ciencias, tecnología y matemáticas?	Lenguaje ¿Es el adecuado para niños de grado quinto?	Observaciones Sugeridas
P1. ¿Qué es un relleno sanitario y cuál es su función? Explica con tus palabras.	1. Comprensión del Relleno Sanitario: Evaluar la capacidad del estudiante para definir el concepto de relleno sanitario y su propósito principal en la gestión de residuos.	Si	Si	SI	Debería Ser mas dinámico
P2 y P3. Si quieres investigar cuánta basura produce tu curso... ¿Qué datos recogerías? ¿Cómo los organizarías?	2. Diseño de Recolección de Datos: Medir la competencia de indagación	Si	Si	SI	

Pregunta del Pre-test	Dimensión y Objetivo de la Pregunta	Claridad Las preguntas (P1-P7) están relacionadas de manera lógica con los objetivos.	Enfoque STEM ¿Integra conceptos de ciencias, tecnología y matemáticas?	Lenguaje ¿Es el adecuado para niños de grado quinto?	Observaciones Sugeridas
	científica en cuanto a la identificación de variables medibles y la capacidad de estructurar información recolectada.				
P4. Observa la imagen... explica detalladamente cómo se forma el biogás y menciona qué impacto ambiental crees que tendría.	3. Análisis de Gráfico: Biogás y Lixiviados: Verificar si el estudiante puede interpretar diagramas técnicos y explicar procesos químicos/biológicos de descomposición y sus riesgos.	Si	Si	SI	
P5 (Situación en el colegio). Describe una estrategia concreta para solucionar este problema... detallando materiales y cómo medirías la efectividad.	4. Propuesta de Solución Ambiental: Evaluar la capacidad de proponer soluciones prácticas, viables y argumentadas ante una problemática ambiental específica en su entorno escolar.	Si	Si	SI	

Pregunta del Pre-test	Dimensión y Objetivo de la Pregunta	Claridad Las preguntas (P1-P7) están relacionadas de manera lógica con los objetivos.	Enfoque STEM ¿Integra conceptos de ciencias, tecnología y matemáticas?	Lenguaje ¿Es el adecuado para niños de grado quinto?	Observaciones Sugeridas
P6 (Selección múltiple). ¿Qué sucede con los líquidos que salen de la basura? / ¿Cuál es el mayor beneficio de que Tunja cuente con un relleno como Pírgua?	5. Comprensión del Impacto Ambiental: Identificar el nivel de conocimiento sobre las consecuencias del mal manejo de residuos y los beneficios de sistemas técnicos para el ecosistema regional.	Si	Si	SI	Seria bueno que los niños también recibieran capacitaciones de los componentes de los líquidos que salen de la basura y sus beneficios
P7 (Caso en casa). Estás en tu casa y te das cuenta de que todos los residuos se están depositando en una sola bolsa... ¿Cuál de las siguientes acciones realizarías?	6. Toma de Decisiones Responsables: Valorar la conciencia ambiental del estudiante y su disposición a actuar como agente de cambio dentro de su núcleo familiar y territorio.	Si	Si	SI	SI

Así mismo, se presenta una secuencia didáctica basada en el enfoque STEM y la Ley 1549. Estas actividades buscan fortalecer las competencias de indagación científica y conciencia ambiental mediante el análisis práctico de la gestión de residuos en el Relleno Sanitario Pírgua.

- VALIDACIÓN DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA (ENFOQUE STEM)

Actividad	Descripción Técnica del Proceso	Competencia / Expectativa	Calificación (1-5), Aspectos por destacar, mejorar y sugerencias.
1. Diálogo con el Territorio	Charla magistral con funcionario de Urbaser/Pirgua sobre retos reales y normativa actual.	Conciencia ambiental: Que el estudiante identifique problemáticas y formule preguntas sobre la Ley 1549.	4
2. Cápsulas del Tiempo	Entierran residuos (manzana, plástico, etc.) en frascos para observar cambios físicos y olores.	Indagación científica: Realizar un registro sistemático en bitácora comparando la descomposición.	5
3. Simulador de Suelos	Reto de indagación con materiales (arena, piedras, arcilla) simulando capas de protección del relleno.	Indagación científica: Comprender que las capas del suelo detienen contaminantes y proponer mejoras técnicas.	4
4. Campaña de Sostenibilidad	Diseño de propuesta de mejora para el manejo de residuos en el City College San Amor.	Conciencia ambiental: Liderar acciones de mejora y mensajes de sensibilización basados en la política nacional.	5

Nombre del Evaluador:

Luis Alejandro Mestra Argel
Ingeniero Ambiental



Firma:

Agradezco su revisión en cuanto a la claridad, pertinencia, coherencia y lenguaje del instrumento, considerando la edad de la población objetivo. Adjunto encontrarán el pre-test completo y el formato de validación con los criterios de la rúbrica.

Atentamente,

Karint Jinneth Mendivelso Zambrano y Clarena Ceballos Peña

Aspirantes a Maestría

Tunja, Colombia

Anexo 8. Pre-test

PRE-TEST DE INDAGACIÓN CIENTÍFICA Y CONCIENCIA AMBIENTAL

Lee con atención cada una de las preguntas y respóndelas según se indique.

1. ¿Qué es un relleno sanitario y cuál es su función? Explica con tus palabras.

2. Si quieres investigar cuanta basura produce tu curso en una semana:

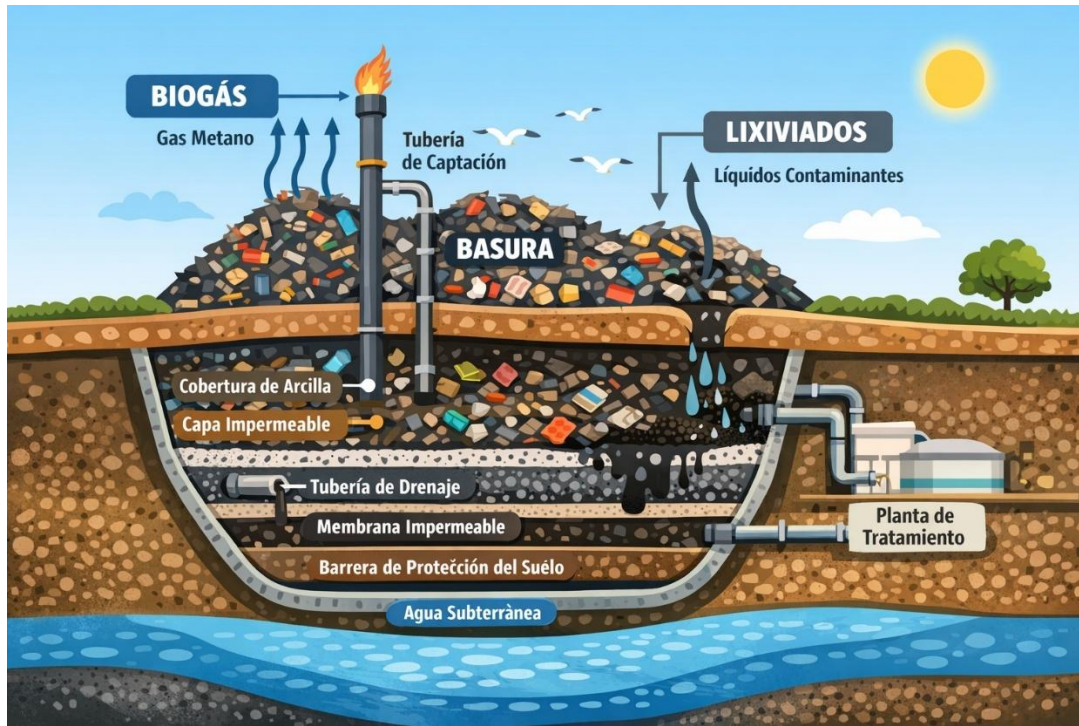
- ¿Qué datos recogerías?

- ¿Cómo los organizarías?

3. En el colegio se ha observado que la mayoría de los residuos se mezclan antes de ser recolectados, lo que impide su aprovechamiento en el Relleno Sanitario; por lo tanto, describe una estrategia concreta para solucionar este problema en tu institución, detallando qué materiales o herramientas específicas necesitarías para ponerla en marcha y de qué manera exacta medirías o comprobarías si tu propuesta fue efectiva después de una semana de aplicación.



4. Observa la imagen y responde:



Observa la imagen del relleno sanitario y explica detalladamente cómo se forma el biogás y menciona qué impacto ambiental crees que tendría este elemento si no fuera controlado por tuberías y plantas de tratamiento.

- Marca con una **X** la respuesta correcta

5. ¿Qué sucede con los líquidos que salen de la basura en un relleno sanitario?
- Se evapora con el sol.
 - Se quedan guardados en el fondo del relleno.
 - Se recolectan y transportan a una planta de tratamiento para ser limpiados.

6. ¿Cuál es el mayor beneficio de que Tunja cuente con un relleno sanitario como el de Pírgua?
 - a. Que la ciudad se ve limpia y sin basura en las calles.
 - b. Que los olores no lleguen a las casas de los estudiantes.
 - c. Que se gestionen los residuos de forma segura para proteger los ecosistemas de la región.

7. Estas en tu casa y te das cuenta de que todos los residuos se están depositando en una sola bolsa, la cual será recogida por el camión de Urbaser para llevarla al relleno sanitario ¿Cuál de las siguientes acciones realizarías?
 - a. Intestas separar solo lo que te parece mas fácil, como las botellas de plástico, pero sigues mezclando el resto de residuos.
 - b. Decides separar los residuos en casa y le explicas a tu familia que esto ayuda a que el relleno sanitario tenga una vida útil más larga y no se contamine el suelo.
 - c. Creas un sistema de separación en tu hogar, enseñas a tu familia la importancia de proteger el territorio de Tunja y les explicas que al separar evitamos que los lixiviados contaminen el agua subterránea.

Anexo 9. Rubrica de evaluación pre y post-test

DIMENSIÓN	NIVEL 1 (Bajo)	NIVEL 2 (Básico)	NIVEL 3 (Alto)	NIVEL 4 (Superior)
Comprensión del relleno sanitario	Define de forma incorrecta o no responde.	Define de manera muy básica.	Explica que es y su función principal.	Explica que es, su función y lo relaciona con el manejo adecuado de residuos.
Diseño de recolección y organización de datos	No propone datos ni su organización.	Menciona datos generales sin realizar su organización.	Propone datos correctamente y una	Propone datos claros, medibles y explica de forma precisa

			organización sencilla.	su organización.
Análisis de grafico: biogás y lixiviados.	No identifica los procesos o presenta errores en la definición de los conceptos.	Reconoce elementos visibles, pero no realiza la explicación de los procesos,	Explica correctamente uno de los procesos.	Explica correctamente como se forman el biogás y los lixiviados, así como su impacto ambiental.
Propuesta de solución ambiental	No propone ninguna solución.	Propone una idea general o poco clara.	Propone una solución clara y viable y nombra algunos materiales.	Propone una estrategia concreta, viable argumentada. Propone materiales para ejecutarla y formula manera para comprobar su efectividad.
Comprensión del impacto ambiental.	No reconoce consecuencias ambientales.	Reconoce el impacto de forma superficial.	Identifica correctamente el impacto del mal manejo de los rellenos sanitarios.	Explica como el mal manejo de los rellenos sanitarios afecta el suelo, agua y comunidad en general.

Toma de decisiones responsables	Elige conductas no responsables o no justificadas.	Elige conducta adecuada sin justificar.	Elige conducta responsable con una explicación simple.	Elige una conducta responsable y argumenta demostrando conciencia ambiental.
---------------------------------	--	---	--	--

Anexo 10. Rubrica de evaluación actividades complementarias.

Criterio de Evaluación	NIVEL 1 (Bajo)	NIVEL 2 (Básico)	NIVEL 3 (Alto)	NIVEL 4 (Superior)
Observación y Planteamiento (Fase de Exploración)	No identifica los problemas del manejo de basura ni formula preguntas al experto.	Identifica problemas generales pero sus preguntas son simples o poco relacionadas con el entorno.	Formula preguntas claras sobre el funcionamiento del relleno y la descomposición de residuos.	Plantea preguntas de investigación profundas que relacionan la ley ambiental con la realidad de su ciudad.
Experimentación y Registro (Fase de Cápsulas del Tiempo)	No realiza registros en la bitácora o los entrega incompletos sin seguir un orden.	Registra cambios de forma esporádica, mencionando solo lo más evidente (ej. "huele feo").	Mantiene un registro organizado de cambios físicos (color, textura) de los residuos enterrados.	Utiliza datos precisos y dibujos detallados para comparar la velocidad de descomposición entre materiales.
Análisis de Variables (Fase de Filtración)	No logra distinguir por qué el	Reconoce que el suelo filtra, pero no	Explica cómo las diferentes capas del suelo	Propone mejoras al diseño de la barrera

	agua pasa más rápido por unos materiales que por otros.	identifica qué material (arcilla/arena) es el responsable.	(barreras) detienen el paso del "lixiviado falso".	basándose en los resultados de sus pruebas de ingeniería.
Apropiación de la Ley 1549 y PIGA	No comprende la importancia de las normas ambientales en el colegio.	Reconoce que existen reglas de reciclaje pero no las aplica de forma autónoma.	Propone acciones de mejora para el colegio basadas en la normativa de educación ambiental.	Lidera la creación de mensajes de sensibilización que integran la política nacional de educación ambiental.
Trabajo Colaborativo en STEM	Muestra dificultades para compartir materiales o trabajar en equipo durante los retos.	Participa en el equipo, pero requiere supervisión constante para cumplir sus tareas.	Aporta ideas al grupo y cumple con su rol asignado en los experimentos prácticos.	Promueve la solución de problemas en equipo y ayuda a sus compañeros a entender los experimentos.