

AMBIENTE DE APRENDIZAJE STEM BASADO EN PROYECTOS PARA
FORTALECER LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS ASOCIADOS AL MANEJO Y
CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS EN ESTUDIANTES DE GRADO NOVENO DE TRES
INSTITUCIONES EDUCATIVAS

PRESENTADO POR:

LIC. YAMILE LILIANA ENRÍQUEZ ROSERO

BIOL. ELKIN EDUARDO MARTÍNEZ CORREA

ING. DIEGO FABIÁN FUENTES GARCÍA

DIRECTORA: Mg. LADY TORRES R

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA POLITÉCNICO GRANCOLOMBIANO

FACULTAD DE DISEÑO, INGENIERÍA E INNOVACIÓN

MAESTRÍA EN EDUCACIÓN STEM

2026

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	7
CAPÍTULO I	8
1.1 Contextualización del problema de investigación.....	8
1.2 Pregunta de investigación	9
1.3 Objetivos de investigación	10
1.3.1 Objetivo general.....	10
1.3.2 Objetivos específicos	10
1.4 Justificación	11
CAPÍTULO II	14
2.1 Estado del Arte	14
2.1.1 Educación STEM y aprendizaje basado en proyectos (ABP/PjBL)	15
2.1.2 STEM, sostenibilidad y proyectos ambientales contextualizados	19
2.1.3 Estado de la educación STEM en Colombia: políticas, avances, brechas y oportunidades.	22
2.2 Marco Conceptual	24
2.2.1 La educación STEM como eje de transformación curricular.....	25
2.2.2 De STEM a STEAM: Integración Ética y Humanística	26
2.2.3 La Educación STEM en el Contexto de Secundaria y la Resolución de Problemas.....	27
2.2.4 Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP)	28
2.2.5 Características del Aprendizaje Basado en Proyectos	29
2.2.6 Fases del Aprendizaje Basado en Proyectos	31
2.2.7 Rol del docente en el Aprendizaje Basado en Proyectos	32

2.2.8 Rol del estudiante en el Aprendizaje Basado en Proyectos	33
2.2.9 Resolución de problemas en educación STEM	34
2.2.10 Competencias STEM	35
2.2.11 Pensamiento crítico y habilidades analíticas	36
2.2.12 Creatividad e innovación en contextos STEM	37
2.2.13 Ambiente de aprendizaje	38
2.2.14 Experiencias de aprendizaje interdisciplinar	38
2.2.15 Sostenibilidad y manejo de residuos	39
2.3 Marco Legal	40
CAPÍTULO III.....	42
3.1 Paradigma de investigación.....	42
3.2 Enfoque de la investigación	43
3.2.1 Tipo de investigación	44
3.2.2 Alcance de la investigación	45
3.3 Población o muestra.....	46
3.3.1. Región de Nariño	47
3.3.2 Región de Caquetá	49
3.3.3 Región de Cesar	52
3.4 Caracterización de categorías.....	54
3.5 Pasos o procesos de la investigación	56
Fase I. Exploración y problematización del contexto.....	56
Fase II. Diseño del proyecto y planificación de acciones	57
Fase III. Desarrollo e implementación de la propuesta	58
Fase IV. Evaluación, reflexión y socialización	59

3.6 Instrumentos	60
3.7 Aspectos éticos de la investigación	61
3.8 Criterios de calidad y rigor metodológico.....	62
3.9 Validación y ajuste de los instrumentos.....	63
CAPÍTULO IV. RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	65
4.1 Caracterización de los participantes	65
4.2 Resultados de la fase diagnóstica	70
4.2.1 Resultados generales del Pre-Test	71
4.2.2 Resultados por categorías evaluadas.....	73
4.2.3 Comparación de resultados entre instituciones	77
4.2.4 Síntesis de los hallazgos diagnósticos.....	80
4.3 Discusión e interpretación de los hallazgos iniciales	81
4.3.1 Concepciones previas sobre reciclaje y manejo de residuos.....	83
4.3.2 Relación entre conocimiento y práctica ambiental	84
4.3.3 Potencial de las metodologías activas para la educación ambiental.....	85
4.3.4 Pertinencia del ambiente de aprendizaje EcoLab STEM.....	86
4.4 Seguimiento y sistematización de la información.....	88
4.5 Evidencias del proceso	90
4.5.1 Participación de los estudiantes durante la aplicación del diagnóstico	90
4.5.2 Reconocimiento de problemáticas ambientales en el entorno escolar.....	92
4.6 Implementación de EcoLab STEM	93
4.6.1 Resultados de las actividades interactivas.....	93
4.6.2 Evidencias cualitativas de la implementación.....	94
4.7 Resultados del post-test y comparación antes-después	95

4.7.1 Resultados por criterio del post-test.....	96
4.7.2 Síntesis integradora de los resultados obtenidos	97
4.8 Ganancia normalizada como indicador complementario	99
4.9 Triangulación de la información	100
4.10 Matriz DOFA consolidada de la implementación.....	101
4.11 Discusión integrada de resultados	102
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES, APORTES Y RECOMENDACIONES	104
5.1 Conclusiones asociadas al diagnóstico	104
5.2 Conclusiones asociadas al diseño e implementación	104
5.3 Conclusiones asociadas a los cambios observados	104
5.4 Conclusión general	105
5.5 Aportes de la investigación.....	105
5.6 Limitaciones.....	106
5.7 Recomendaciones y líneas futuras	106
REFERENCIAS.....	108
ANEXOS.....	112

Tabla de Figuras

Figura 1. Características del aprendizaje basado en proyectos	30
Figura 2. Ubicación geográfica del departamento de Nariño.	48
Figura 3. Institución Educativa San Lorenzo de Yaramal	49
Figura 4. Ubicación geográfica del departamento de Caquetá	50
Figura 5. Colegio Cristiano Maranata	51
Figura 6. Ubicación geográfica del municipio de La Jagua de Ibirico en el departamento del Cesar	52
Figura 7. Vista general de la Institución Educativa José Guillermo Castro Castro, municipio de La Jagua de Ibirico, Cesar.	54
Figura 8. Esquema de organización fase I	57
Figura 9. Esquema de organización fase II	58
Figura 10. Esquema de organización fase III	59
Figura 11. Esquema de organización fase IV	60
Figura 12. Distribución de estudiantes por institución educativa.	68
Figura 13. Distribución de estudiantes por edad.	69
Figura 14. Distribución de estudiantes por género e institución educativa.	70
Figura 15. Índice general del Pre-Test diagnóstico.	71
Figura 16. Aplicación del diagnóstico mediante recursos digitales en las instituciones participantes.	90
Figura 17. Reconocimiento de problemáticas ambientales y análisis del entorno escolar. ...	92
Figura 18. Desempeño en las actividades interactivas por institución	94
Figura 19. Comparación de puntajes promedio antes y después de EcoLab STEM	96
Figura 20. Resultados del post-test por criterio e institución	97
Figura 21. Ganancia normalizada por institución y consolidado	99
Figura 22. Esquema de triangulación de la información en EcoLab STEM	100

INTRODUCCIÓN

La investigación comenzó con una dificultad concreta del trabajo escolar: al abordar el manejo de residuos, los contenidos de ciencias, tecnología y matemáticas podían quedar separados de las decisiones que exige resolver el problema. En EcoLab STEM quisimos trabajar esa situación como un solo reto. Por eso usamos el enfoque STEM para relacionar los saberes y el ABP para ordenar la ruta: reconocer el problema, indagar, proponer, poner en práctica una respuesta y revisar lo ocurrido (OCDE, 2019).

EcoLab STEM no nació desde cero. Antes de formular la investigación, integrantes del equipo habían usado residuos como material didáctico y observamos que los estudiantes se involucraban cuando podían reconocer el problema en su propio entorno. Esa experiencia dejó también una limitación clara: no teníamos una ruta común ni registros suficientes para valorar lo que ocurría. El paso siguiente fue convertir ese aprendizaje previo en una propuesta organizada, documentable y aplicable en las tres instituciones (Fernández Morilla & Redondo Lorente, 2024).

Participaron estudiantes de grado noveno de las tres instituciones. Las actividades les pedían algo más que recuperar información: debían interpretarla, modelar, elegir entre alternativas y responder a un problema abierto. Para analizar ese recorrido reunimos dos planos de evidencia. Los resultados cuantitativos permitieron establecer qué cambió; los registros cualitativos, en cambio, ayudaron a seguir la manera en que los grupos desarrollaron la propuesta.

En este sentido, el estudio busca aportar evidencia sobre la pertinencia pedagógica del enfoque STEM apoyado en ABP, así como ofrecer una propuesta estructurada y evaluable que pueda orientar futuras prácticas educativas en contextos escolares diversos.

CAPÍTULO I

Este capítulo explica cómo se llegó al problema de investigación. El punto de partida fue una necesidad pedagógica observada al trabajar el manejo y la clasificación de residuos con estudiantes de noveno: no bastaba conocer el tema, también era necesario aprender a resolver situaciones relacionadas con él. La revisión avanza desde los referentes internacionales, latinoamericanos y nacionales hasta las condiciones de las tres instituciones.

1.1 Contextualización del problema de investigación

El problema observado en las instituciones no era ajeno a las discusiones educativas internacionales. UNESCO (2017) propone que la educación para el desarrollo sostenible ayude a comprender situaciones ambientales complejas y a participar en respuestas vinculadas con el territorio. La OCDE (2019) añade que los conocimientos científicos y matemáticos cobran sentido cuando se usan en situaciones reales. Para el trabajo con grado noveno, estas orientaciones se concretaron en una exigencia: frente a un problema ambiental cercano, los estudiantes debían razonar, modelar y tomar decisiones.

La propuesta se apoyó en dos referentes que cumplían funciones distintas. Kelley y Knowles (2016) aportaron la integración STEM mediante problemas que relacionan indagación y diseño; Thomas (2000) permitió organizar el ABP alrededor de la investigación, las decisiones y la elaboración de un producto. El equipo articuló ambos aportes porque reconocer el concepto de reciclaje no basta para sostener prácticas adecuadas de manejo de residuos, una distancia que también señalan Mkhonto y Mnguni (2021).

Para situar la propuesta en Colombia se revisaron dos orientaciones complementarias. La Ley 1549 de 2012 vincula la educación ambiental con los Proyectos Ambientales Escolares,

y Visión STEM+ relaciona ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas con necesidades del territorio (Ministerio de Educación Nacional, OEI & Parque Explora, 2022). El marco era común, pero las condiciones de aplicación no. Por esa razón mantuvimos el propósito y los criterios en las tres instituciones, mientras los recursos y las formas de participación se ajustaron a cada contexto.

Al revisar los tres escenarios encontramos acciones previas de reciclaje, aunque no una secuencia compartida que permitiera analizar el problema, diseñar una respuesta, ponerla en práctica y evaluarla. También cambiaban la conectividad, los materiales disponibles y la experiencia de los grupos. El problema, por tanto, no consistía en afirmar que faltaba educación ambiental, sino en conectar lo que ya se hacía con la resolución de problemas, el trabajo por proyectos y la integración STEM.

De ese contraste surgió la necesidad que orientó el estudio: fortalecer en estudiantes de grado noveno la resolución de problemas asociados con el manejo y la clasificación de residuos. Atenderla exigía algo más que sumar actividades informativas. Era necesario construir un ambiente de aprendizaje con fases reconocibles, productos, criterios de valoración y evidencias que pudieran leerse en los tres contextos.

1.2 Pregunta de investigación

Antes de formular EcoLab STEM, algunos integrantes del equipo habían trabajado con prototipos y transformación de materiales. Allí se comprobó el potencial pedagógico de los residuos, pero las actividades permanecían separadas y carecían de una estructura STEM común. Ese aprendizaje previo se reorganizó en una ruta centrada en un problema real, con criterios compartidos y condiciones de aplicación para las tres instituciones.

A partir de esta situación se estudió cómo un ambiente de aprendizaje con enfoque STEM y organizado mediante ABP contribuía a fortalecer la resolución de problemas vinculados con el manejo y la clasificación de residuos en estudiantes de grado noveno.

A partir de lo anterior, se formula la siguiente pregunta de investigación:

¿De qué manera un ambiente de aprendizaje basado en proyectos (ABP) con enfoque STEM contribuye al fortalecimiento de la competencia de resolución de problemas relacionados con el manejo y la clasificación de residuos en estudiantes de grado noveno de tres instituciones educativas colombianas?

1.3 Objetivos de investigación

1.3.1 Objetivo general

Evaluar la contribución de un ambiente de aprendizaje STEM basado en proyectos al fortalecimiento de la competencia de resolución de problemas relacionados con el manejo y la clasificación de residuos en estudiantes de grado noveno de tres instituciones educativas colombianas.

1.3.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar las concepciones previas de los estudiantes de grado noveno de las tres instituciones participantes en relación con el manejo y la clasificación de residuos, con el fin de orientar el diseño del ambiente de aprendizaje STEM.
- Diseñar un ambiente de aprendizaje STEM basado en proyectos orientado al manejo y la clasificación de residuos en estudiantes de grado noveno.

- Analizar los cambios en la competencia de resolución de problemas y las percepciones de los estudiantes antes, durante y después de la implementación del ambiente de aprendizaje STEM.

1.4 Justificación

La justificación del estudio se concreta en una pregunta práctica: cómo llevar STEM a una situación escolar que pueda observarse y evaluarse. La UNESCO (2017) vincula la educación para el desarrollo sostenible con decisiones informadas y acciones responsables frente a los problemas ambientales. En EcoLab STEM esa orientación se trabajó a través de una secuencia específica: reconocer lo que ocurría con los residuos, discutir alternativas, poner en marcha acciones y revisar lo sucedido.

En algunas instituciones colombianas existe una distancia entre los lineamientos ambientales y su continuidad en el aula. Allí se ubica la necesidad atendida por este estudio. Una ruta STEM basada en proyectos permite reunir trabajo práctico, colaboración y lectura del contexto; además, puede adaptarse sin suponer que todas las instituciones disponen de la misma infraestructura tecnológica.

La secuencia encontró en el ABP su estructura pedagógica. Zhang y Ma (2023), al sintetizar estudios experimentales y cuasiexperimentales, informan resultados favorables en rendimiento, actitudes y habilidades de pensamiento. No tomamos ese antecedente como una promesa de resultados para EcoLab STEM. Lo usamos para sustentar una dinámica concreta: analizar una situación auténtica, acordar decisiones y construir una respuesta que pudiera revisarse a partir de evidencias.

También consideramos las condiciones de quienes acompañarían la ruta. Ventista y Brown (2023) relacionan el desarrollo profesional docente con mejores resultados estudiantiles, y Bergmark (2023) destaca una formación colaborativa, situada e integrada al trabajo habitual. Esto llevó a diseñar orientaciones que pudieran comprenderse, acompañarse y adaptarse en cada institución, pues la continuidad de la propuesta no dependía solamente de sus materiales.

La literatura sobre sostenibilidad ayudó a precisar la clase de reto que se trabajaría. Rahmawati et al. (2022) abordan dilemas éticos y ambientales mediante STEAM; Vasconcelos y Orion (2021) relacionan educación científica, conocimiento, ambiente y acción responsable. Con base en estos aportes elegimos el manejo de residuos, una situación cotidiana y visible dentro y fuera de las instituciones, para relacionar esas dimensiones con el trabajo de los estudiantes.

Necesitábamos leer el proceso desde más de una fuente. Por eso el componente cuantitativo reunió el diagnóstico, las actividades y la valoración final, mientras el cualitativo se apoyó en respuestas abiertas, producciones, reflexiones y evidencias de la implementación. Al contrastar ambos componentes evitamos interpretar EcoLab STEM únicamente desde un puntaje o, en el extremo contrario, solo desde apreciaciones narrativas.

Las condiciones de conectividad y disponibilidad de recursos no eran iguales en las tres instituciones. Esta diferencia llevó a que la tecnología cumpliera una función de apoyo para organizar y registrar la experiencia, sin convertirse en requisito de participación. Cada fase contó con una opción impresa equivalente. De este modo se mantuvo la misma ruta pedagógica y ningún grupo quedó excluido por el medio de acceso.

EcoLab STEM retomó aprendizajes que algunos integrantes del equipo habían obtenido al trabajar con residuos y materiales reutilizables. Aunque esas actividades generaban interés, no existían registros suficientes para estudiar lo ocurrido. La nueva propuesta incorporó fases, instrumentos, matrices y criterios comunes. Así, una experiencia previa y aislada pasó a ser una ruta documentada que podía compararse y discutirse desde el punto de vista pedagógico.

CAPÍTULO II

El presente capítulo desarrolla los referentes teóricos y empíricos que sustentan la investigación titulada “*Ambiente de aprendizaje STEM basado en proyectos para fortalecer la competencia de resolución de problemas en el manejo y clasificación de residuos en estudiantes de grado noveno de tres instituciones educativas colombianas*”.

El soporte académico de EcoLab STEM se organiza en tres recorridos. El estado del arte contrasta investigaciones sobre STEM, ABP y sostenibilidad; el marco conceptual precisa las nociones con las que se diseñó la propuesta y se interpretó el problema; y el marco legal reúne las disposiciones colombianas aplicables a la educación ambiental y a la gestión de residuos en la escuela.

Esta revisión no se limitó a reunir autores. De ella salieron decisiones que después orientaron la ruta: trabajar con un problema ambiental reconocible, relacionar las áreas STEM dentro de un proyecto y conservar una secuencia común para las tres instituciones. La última decisión respondió a una condición del campo: los grupos no tenían la misma conectividad ni disponían de recursos equivalentes.

2.1 Estado del Arte

El estado del arte se utilizó como una herramienta de comparación. Además de reconocer lo realizado en otros estudios, buscamos decisiones que pudieran trasladarse, con los ajustes necesarios, a EcoLab STEM. Para organizar tendencias, enfoques y metodologías relacionadas con el problema se siguió el sentido de revisión propuesto por Patiño-Cuervo et al. (2022).

La búsqueda abarcó investigaciones nacionales e internacionales en las que coincidían STEM, Aprendizaje Basado en Proyectos y educación ambiental. El propósito no era reunir antecedentes de manera acumulativa. Interesaba reconocer qué aportaban, dónde estaban sus límites y cuáles coincidencias ayudaban a diseñar una experiencia de resolución de problemas para los tres contextos escolares.

2.1.1 Educación STEM y aprendizaje basado en proyectos (ABP/PjBL)

Los estudios revisados coinciden en situar la integración STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) y el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP o PjBL) alrededor de problemas auténticos y productos elaborados por los estudiantes. Guo et al. (2020) documentan resultados de aprendizaje vinculados con el ABP, mientras Kwon y Lee (2025) reportan un efecto positivo del STEM-PjBL sobre la creatividad. Estos hallazgos justifican el trabajo por proyectos, pero no autorizan a extender sus efectos a aspectos que tales estudios no evaluaron.

En Guo et al. (2020), el ABP supone participación sostenida, uso de conocimientos y elaboración de productos en torno a un proyecto. Kelley y Knowles (2016) explican, desde otra perspectiva, cómo se relacionan las disciplinas. Al llevar ambos aportes a EcoLab STEM tomamos una decisión operativa: los contenidos sobre residuos debían ayudar a interpretar lo que ocurría en la institución y a construir una respuesta, en vez de quedar reducidos a información para recordar.

Del metaanálisis de Kwon y Lee (2025) retomamos un resultado delimitado: el efecto positivo de STEM-PjBL sobre la creatividad. Esto respaldó la presencia de momentos para proponer alternativas y justificar una solución. No se utilizó el estudio para anticipar, en nuestra población, efectos adicionales que el metaanálisis no hubiera establecido.

Patiño-Cuervo et al. (2022) muestran que la producción latinoamericana sobre educación STEM continúa consolidándose y presta atención creciente a las condiciones sociales y territoriales. Esa lectura fue especialmente útil para EcoLab STEM: Nariño, Caquetá y Cesar compartían la ruta de investigación, pero no la misma conectividad, los mismos recursos ni las mismas experiencias previas.

Perignat y Katz-Buonincontro (2019) advierten que STEAM adopta formas distintas y examinan cómo interviene la creatividad en la indagación y el diseño. Esta precisión fue útil para delimitar el alcance del proyecto. La propuesta conservó el nombre EcoLab STEM, aunque los estudiantes emplearon comunicación visual y recursos creativos en varias actividades.

La lectura del contexto colombiano introdujo otra preocupación. Marín-Ríos, Cano-Villa y Mazo-Castañeda (2023) vinculan STEM con problemas sociales y tecnológicos, pero advierten que varias iniciativas tienen dificultades de continuidad. Para no depender de una aplicación aislada, EcoLab STEM quedó organizado en fases, instrumentos y soportes que permiten retomar la experiencia.

Castro Castellanos y Rodríguez Romero (2023) y Han, Capraro y Capraro (2015) ofrecieron dos escalas distintas para leer la implementación. El primer estudio describe una experiencia transversal con estudiantes de sexto; el segundo analiza un proceso sostenido de STEM-PBL en secundaria. Esa diferencia fue útil para mantener una cautela: la edad, el tiempo de trabajo y las condiciones de cada experiencia forman parte de la interpretación de sus resultados.

La literatura sobre implementación STEM también permitió anticipar dificultades. Margot y Kettler (2019) señalan problemas relacionados con la formación docente, los recursos

y la planificación interdisciplinaria. En los tres escenarios del estudio respondimos a esos riesgos con orientaciones comunes, materiales de bajo costo y formatos impresos equivalentes a los recursos digitales.

Tres criterios pasaron de los antecedentes al diseño de la ruta: iniciar con una situación auténtica, asignar responsabilidades a los estudiantes y cerrar con una respuesta que pudiera revisarse mediante evidencias. Los criterios ayudaron a organizar EcoLab STEM; no se usaron para suponer que las tres instituciones recorrerían el proceso de la misma manera ni obtendrían resultados idénticos.

La Tabla 1 reúne los estudios utilizados para analizar la relación entre educación STEM y Aprendizaje Basado en Proyectos. La comparación permite reconocer sus objetivos, métodos, hallazgos y aportes específicos al diseño de EcoLab STEM.

Tabla 1. *Educación STEM y aprendizaje basado en proyectos (ABP/PjBL)*

Autor(es) y año	Contexto / País	Objetivo del estudio	Metodología	Estrategia pedagógica / Enfoque	Principales hallazgos	Aporte al presente estudio
Guo et al. (2020)	Educación superior – Internacional	Revisar resultados de aprendizaje y formas de medición en estudios de ABP	Revisión de literatura	Aprendizaje Basado en Proyectos	La literatura revisada reporta resultados cognitivos, afectivos y conductuales, con diversidad en las formas de medición.	Aporta una base empírica para el uso del ABP y recuerda la necesidad de definir evidencias y criterios de evaluación.

Autor(es) y año	Contexto / País	Objetivo del estudio	Metodología	Estrategia pedagógica / Enfoque	Principales hallazgos	Aporte al presente estudio
Kwon y Lee (2025)	Estudios STEM-PjBL – Internacional	Estimar el efecto del STEM-PjBL sobre la creatividad	Meta-análisis	STEM + PjBL	El metaanálisis identifica un efecto positivo global del STEM-PjBL sobre la creatividad.	Sustenta el valor de los proyectos STEM para procesos creativos sin atribuir al estudio resultados que no midió.
Patiño-Cuervo et al. (2022)	América Latina	Analizar la producción científica regional sobre educación STEM	Estudio bibliométrico	Educación STEM	La producción regional muestra crecimiento e interés por distintas líneas de integración STEM.	Sitúa la propuesta dentro del desarrollo de la educación STEM en Latinoamérica.
Perignat y Katz-Buonincontro (2019)	Internacional	Integrar la literatura sobre STEAM y sus formas de implementación	Revisión integradora	STEAM	La literatura muestra diversidad conceptual y distintas maneras de incorporar las artes a STEM.	Ayuda a diferenciar STEM y STEAM y a justificar los componentes creativos sin cambiar la denominación del proyecto.
Marín-Ríos, Cano-Villa y Mazo-Castañeda (2023)	Colombia	Examinar la apropiación de STEM/STEAM en trabajos de grado colombianos	Revisión documental	Educación STEM/STEAM	La revisión permite reconocer tendencias de apropiación de STEM/STEAM en el contexto nacional.	Aporta un antecedente colombiano para contextualizar la propuesta EcoLab STEM.
Castro Castellanos y Rodríguez Romero (2023)	Sexto grado – Colombia	Implementar un proyecto STEM transversal entre Biología y Tecnología e Informática	Proyecto educativo aplicado	STEM transversal	El proyecto integra contenidos mediante la construcción y explicación de un artefacto y reporta resultados de aprendizaje y producto.	Muestra una experiencia colombiana de integración disciplinar STEM en educación básica.

Autor(es) y año	Contexto / País	Objetivo del estudio	Metodología	Estrategia pedagógica / Enfoque	Principales hallazgos	Aporte al presente estudio
Han, Capraro y Capraro (2015)	Educación secundaria – Estados Unidos	Examinar el efecto de STEM-PBL según nivel de desempeño y factores del estudiante	Estudio longitudinal	STEM + PBL	El estudio reporta diferencias de crecimiento en matemáticas según nivel de desempeño y características del estudiante.	Aporta evidencia sobre la implementación sostenida de STEM-PBL y la necesidad de interpretar resultados según el contexto.
Margot y Kettler (2019)	Docentes K-12 – Internacional	Revisar percepciones docentes sobre integración y educación STEM	Revisión sistemática	Integración STEM	La revisión identifica apoyos y barreras percibidas por docentes para implementar STEM.	Permite anticipar la importancia de formación, recursos, colaboración y apoyo institucional.

Fuente: Elaboración propia.

La comparación reunida en la Tabla 1 deja una idea común: STEM y el trabajo por proyectos cobran valor cuando el estudiante interviene en decisiones reales y construye productos. Para EcoLab STEM, esto significó vincular los contenidos de las áreas con un problema ambiental concreto y con una respuesta elaborada por cada equipo. Así se buscó fortalecer comprensión, creatividad y resolución de problemas dentro de una misma experiencia.

2.1.2 STEM, sostenibilidad y proyectos ambientales contextualizados

La articulación entre educación STEM y sostenibilidad ambiental ha adquirido creciente relevancia en la investigación educativa contemporánea. Diversos estudios señalan que los proyectos ambientales contextualizados permiten desarrollar simultáneamente competencias científicas y conciencia ecológica en los estudiantes (Fernández Morilla & Redondo Lorente, 2024).

Desde esta perspectiva, Fernández Morilla y Redondo Lorente (2024) destacan que las propuestas educativas basadas en sostenibilidad permiten comprender la interconexión entre sistemas naturales y sociales, promoviendo el desarrollo de competencias críticas para enfrentar los desafíos ambientales actuales.

Molina Isaza (2023) plantea que la educación STEM puede contribuir a comprender fenómenos ambientales del entorno. En EcoLab STEM, este aporte se volvió una tarea concreta. El estudiante debía observar la situación de su institución, ordenar la información obtenida y sustentar decisiones frente a lo encontrado; definir conceptos sobre residuos era apenas un punto de partida.

La lectura conjunta de los estudios reunidos en la Tabla 2 dejó una coincidencia relevante: la integración entre áreas adquiere sentido ambiental cuando ayuda a decidir y a actuar. Por eso la sostenibilidad no apareció como un agregado al final de la ruta. Funcionó como el contexto que conectó las actividades STEM, desde el diagnóstico del problema hasta la valoración de las respuestas.

Con el fin de sistematizar los estudios sobre educación STEM, sostenibilidad y proyectos ambientales escolares, la Tabla 2 presenta una síntesis comparativa.

Tabla 2. *STEM, sostenibilidad y proyectos ambientales contextualizados.*

Autor (es) y año	Contexto / País	Objetivo del estudio	Metodología	Enfoque / Estrategia pedagógica	Principales hallazgos	Aporte al presente estudio
Fernández Morilla y Redondo Lorente (2024)	Educación infantil – España	Analizar una propuesta que integra competencias STEAM y sostenibilidad	Estudio de intervención educativa	STEAM + sostenibilidad	La propuesta articula indagación, educación al aire libre y sostenibilidad en una experiencia didáctica.	Aporta un antecedente para vincular integración disciplinar y educación para la sostenibilidad.
Molina Isaza (2023)	Colombia	Analizar aportes de la educación STEM a la enseñanza de las ciencias en Colombia	Artículo de revisión/reflexión	Educación STEM	Discute posibilidades de la integración STEM para la enseñanza de las ciencias y la conexión con problemas del contexto.	Sustenta la pertinencia de contextualizar STEM en el escenario educativo colombiano.
Mkhonto y Mnguni (2021)	Escuela rural – Sudáfrica	Examinar el impacto de un proyecto escolar de gestión de residuos	Estudio de intervención escolar	Educación ambiental + gestión de residuos	El proyecto analiza cambios en percepciones, actitudes y comprensión del reciclaje después de una experiencia escolar.	Ofrece un antecedente directamente relacionado con educación y manejo de residuos en un contexto escolar.

Fuente: Elaboración propia.

Los proyectos revisados muestran que un problema ambiental cercano puede reunir conocimientos de varias áreas y abrir espacios de participación estudiantil. Su aporte no radica solamente en trabajar un tema de sostenibilidad, sino en exigir análisis, discusión de alternativas y una respuesta frente a lo que ocurre en el entorno. Esta lectura orientó la función pedagógica de EcoLab STEM.

2.1.3 Estado de la educación STEM en Colombia: políticas, avances, brechas y oportunidades.

El programa Escuelas STEM+ del Ministerio de Educación Nacional ofreció un referente colombiano para integrar ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas en la práctica escolar (MEN, 2023). Lo asumimos como marco nacional, no como una secuencia lista para trasladar al aula. La forma de EcoLab STEM debía construirse a partir de las condiciones de las tres instituciones participantes.

La advertencia de Molina Isaza (2023) resultó especialmente pertinente: la infraestructura, la tecnología y la formación docente todavía condicionan las propuestas STEM, sobre todo en zonas rurales. Esa observación coincidió con las diferencias de los contextos participantes. Por ello la ruta mantuvo dos vías de acceso, digital cuando existían las condiciones e impresa cuando la conectividad era limitada.

Los resultados de PISA 2022 ubican a Colombia por debajo del promedio de la OCDE en matemáticas, lectura y ciencias (OCDE, 2023). En esta investigación, el dato se usa únicamente para presentar un reto educativo del país. No explica el desempeño de los 86 estudiantes ni se emplea para atribuir causas a los resultados observados en EcoLab STEM.

Los informes nacionales de PISA registran, además, diferencias entre los contextos urbanos y rurales (MEN, 2023). Esta referencia coincidió con una necesidad encontrada en el campo: los propósitos y los criterios debían ser comunes, pero el acceso y algunas formas de acompañamiento podían cambiar según las condiciones de cada institución.

En consecuencia, el valor de una propuesta STEM no depende solamente de incorporar tecnología. Su pertinencia también se relaciona con la posibilidad de adaptarla al contexto,

acompañar a los docentes y conectar sus actividades con necesidades reconocibles para los estudiantes.

La Tabla 3 sintetiza los documentos que permiten comprender el estado de la educación STEM en Colombia y las condiciones que inciden en su aplicación.

Tabla 3. *Estado de la educación STEM en Colombia.*

Fuente / Autor y año	Tipo de documento	Alcance / Contexto	Propósito del documento o estudio	Principales aportes	Brechas o limitaciones identificadas	Aporte al presente estudio
Ministerio de Educación Nacional (MEN, 2023)	Programa nacional	Colombia	Impulsar Escuelas STEM+ y experiencias de aprendizaje con enfoque territorial	Promueve integración STEM+ y transformación de prácticas educativas.	La implementación depende de capacidades y condiciones institucionales.	Relaciona EcoLab STEM con una iniciativa nacional vigente.
Molina Isaza (2023)	Investigación académica	Colombia	Analizar aportes de la educación STEM a la enseñanza de las ciencias	Resalta la integración de saberes y la conexión con situaciones del contexto.	La apropiación de STEM requiere adaptación curricular y pedagógica.	Aporta un referente colombiano para la integración STEM.
OCDE (2023)	Evaluación internacional	Colombia / PISA 2022	Reportar resultados de matemáticas, lectura y ciencias	Permite situar el desempeño de Colombia frente a otros sistemas participantes.	PISA describe desempeño a gran escala y no explica por sí sola los resultados de esta muestra.	Se usa como referencia nacional, no como evidencia causal del proyecto.

Fuente / Autor y año	Tipo de documento	Alcance / Contexto	Propósito del documento o estudio	Principales aportes	Brechas o limitaciones identificadas	Aporte al presente estudio
MEN, OEI y Parque Explora (2022)	Orientación educativa	Colombia	Proponer una Visión STEM+ contextualizada para el país	Plantea una educación STEM+ conectada con territorios, actores y desafíos reales.	Su concreción exige adaptación a recursos y capacidades de cada institución.	Sustenta el carácter contextual, flexible y territorial de EcoLab STEM.
Marín-Ríos et al. (2023)	Revisión documental	Colombia	Examinar la apropiación de STEM/STEAM en trabajos de grado	Identifica tendencias en la producción académica colombiana sobre STEM/STEAM.	La producción analizada es heterogénea y no representa todas las prácticas escolares del país.	Permite ubicar la propuesta dentro del panorama colombiano de apropiación STEM/STEAM.

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 3 reúne documentos que muestran dos caras del desarrollo de STEM en Colombia. Existen avances en políticas e iniciativas de innovación, pero persisten brechas de acceso, infraestructura y formación. Por esa razón, EcoLab STEM se planteó como una ruta compartida y, al mismo tiempo, situada: mantuvo criterios comunes e incorporó ajustes de acceso para cada institución.

2.2 Marco Conceptual

Cinco relaciones conceptuales orientaron el estudio: educación STEM, Aprendizaje Basado en Proyectos, resolución de problemas, ambientes de aprendizaje y sostenibilidad. Con

estas categorías se construyó la ruta y, más adelante, se examinaron las decisiones, los productos y las reflexiones de los estudiantes.

Las categorías no funcionaron como piezas separadas. STEM definió la integración de disciplinas; el ABP dio orden al trabajo; la resolución de problemas señaló la competencia por fortalecer; y la sostenibilidad ubicó la experiencia en una situación concreta de manejo y clasificación de residuos.

2.2.1 La educación STEM como eje de transformación curricular

La educación STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) se ha consolidado en los últimos años como un enfoque educativo orientado a la integración interdisciplinaria de distintas áreas del conocimiento para abordar problemáticas reales del contexto social y tecnológico. Este enfoque busca superar la fragmentación tradicional del currículo escolar, promoviendo experiencias de aprendizaje donde los estudiantes articulan conocimientos científicos, tecnológicos, ingenieriles y matemáticos para analizar situaciones complejas y proponer soluciones fundamentadas (Margot & Kettler, 2019; Kelley & Knowles, 2016).

En esta investigación, STEM se utilizó para reunir saberes necesarios frente a un problema del contexto. La integración podía reconocerse en acciones, no solamente en una definición: observar el entorno, formular preguntas, organizar información, plantear alternativas y revisar resultados. Guo et al. (2020) vinculan este tipo de trabajo con la resolución de problemas, el pensamiento crítico y la creatividad.

Los contenidos, dentro de una propuesta STEM, se ponen al servicio de la comprensión y de la respuesta a una situación. Kelley y Knowles (2016) explican esta relación entre

disciplinas y problemas reales. En el caso de EcoLab STEM, los saberes escolares se utilizaron para leer el entorno, contrastar información y justificar decisiones sobre los residuos, no solo para recordar conceptos.

STEM aportó el marco para relacionar conocimientos y decisiones frente al problema de los residuos. El ABP convirtió esa integración en una secuencia de trabajo con fases, responsabilidades, productos y evidencias. Ambas perspectivas se complementaron en la experiencia realizada con grado noveno.

2.2.2 De STEM a STEAM: Integración Ética y Humanística

En los últimos años, el enfoque STEM ha evolucionado hacia modelos educativos más integradores que buscan incorporar dimensiones sociales, culturales y humanísticas dentro de los procesos de formación científica. En este contexto surge el enfoque STEAM, el cual integra las artes dentro de las disciplinas STEM con el propósito de promover una formación más integral que combine el desarrollo del pensamiento científico con procesos creativos y reflexivos (Perignat & Katz-Buonincontro, 2019; Quigley & Herro, 2016).

STEAM introduce además dimensiones expresivas, sociales, culturales y éticas en la integración disciplinar. Perignat y Katz-Buonincontro (2019) destacan el aporte de las artes a la creatividad, la comunicación y el pensamiento crítico. Esta referencia nos sirvió para reconocer componentes creativos presentes en el proyecto sin cambiar su encuadre principal como STEM.

Las experiencias STEAM estudiadas por Quigley y Herro (2016) incorporan diferentes perspectivas al análisis. EcoLab STEM no cambió por ello su denominación ni su enfoque

central. Sin embargo, los carteles, las campañas y otros productos elaborados por los grupos sí exigieron decisiones creativas y recursos de comunicación visual para presentar las soluciones.

La referencia a STEAM tiene, entonces, un alcance específico en esta investigación. Sirve para reconocer la dimensión creativa y comunicativa de algunos productos, pero no para definir la propuesta como un modelo STEAM completo. El eje permaneció en la integración de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas alrededor del manejo y la clasificación de residuos.

2.2.3 La Educación STEM en el Contexto de Secundaria y la Resolución de Problemas

La implementación del enfoque STEM en la educación secundaria resulta especialmente relevante, ya que este nivel educativo representa una etapa clave en el desarrollo cognitivo y académico de los estudiantes. Durante este periodo, los jóvenes comienzan a desarrollar habilidades de pensamiento abstracto que les permiten comprender fenómenos complejos, formular hipótesis y analizar situaciones problemáticas desde diferentes perspectivas.

Chen y Yang (2019) y Margot y Kettler (2019) relacionan STEM con pensamiento científico, toma de decisiones y resolución de problemas. En EcoLab STEM, estas habilidades no quedaron formuladas de manera abstracta. Los estudiantes debían reconocer la situación de los residuos, estudiar información, contrastar alternativas y poner a prueba una decisión dentro del proyecto.

Resolver un problema se entendió como una ruta y no como acertar una respuesta aislada. La ruta incluía reconocer la situación, escoger información pertinente, formular opciones y revisar la decisión tomada. Los aportes de Kelley y Knowles (2016) y Chen y Yang

(2019) muestran que este tipo de reto puede reunir varias disciplinas cuando parte del contexto del estudiante.

Esta manera de entender la resolución de problemas orientó el trabajo con noveno. La evaluación no se limitó a comprobar qué conceptos de reciclaje recordaban los estudiantes. También consideró cómo usaban esa información para interpretar el entorno, elegir entre alternativas y proponer una respuesta al manejo y la clasificación de residuos.

2.2.4 Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP)

El Aprendizaje Basado en Proyectos organiza el trabajo alrededor de una pregunta o de un problema que obliga a investigar, distribuir tareas y producir una respuesta. En educación STEM, esta estructura permite utilizar conocimientos disciplinares mientras se diseña una solución, en lugar de estudiarlos por separado. Chen y Yang (2019) y Kokotsaki et al. (2016) relacionan esa participación con el pensamiento crítico y la resolución de problemas.

En el ABP, el proyecto no acompaña el aprendizaje como una actividad adicional: lo organiza. A partir de una situación del contexto surgen preguntas, búsquedas, ensayos y revisiones. Guo et al. (2020) y Condliffe (2017) describen esa construcción activa del conocimiento. Con este referente se estructuró la secuencia de EcoLab STEM.

En secundaria, un proyecto puede exigir conocimientos que provienen de varias áreas. Esta movilización interdisciplinaria resulta especialmente pertinente en un ambiente STEM, pues un problema real rara vez se resuelve desde una sola asignatura. Kelley y Knowles (2016) sustentan esa relación entre integración y resolución de situaciones complejas, relación que se adoptó para el trabajo con residuos.

Guo et al. (2020) y Han et al. (2015) relacionan el ABP con una participación sostenida cuando el proyecto tiene sentido para el estudiante. Esa idea fue importante para EcoLab STEM porque el problema elegido estaba presente en la vida escolar. La participación, sin embargo, no se tomó como sinónimo de aprendizaje: se analizó junto con las decisiones, los productos y las respuestas registradas durante la ruta.

Es por esto por lo que el Aprendizaje Basado en Proyectos constituye una estrategia pedagógica que favorece la construcción activa del conocimiento mediante la exploración de problemas auténticos. Su integración en ambientes de aprendizaje STEM permite promover procesos educativos interdisciplinarios orientados al desarrollo de competencias complejas, entre ellas la resolución de problemas, aspecto central en la presente investigación (Chen & Yang, 2019; Kelley & Knowles, 2016).

2.2.5 Características del Aprendizaje Basado en Proyectos

El ABP se diferencia de una enseñanza centrada en la exposición porque sitúa al estudiante frente a una tarea contextualizada y le asigna un papel en su desarrollo. El problema real, la participación y el sentido de las actividades son rasgos que pueden hacer más relevante la experiencia de aprendizaje. Estos elementos aparecen de forma recurrente en las revisiones de Kokotsaki et al. (2016) y Guo et al. (2020).

El proyecto comienza con una pregunta orientadora y avanza mediante búsqueda, colaboración y elaboración de un producto final. Durante ese recorrido el estudiante toma decisiones; el docente acompaña, formula preguntas y ayuda a ordenar el proceso. Chen y Yang (2019) y Condliffe (2017) identifican estas funciones dentro de la estructura del ABP.

Cuando un problema es auténtico, rara vez cabe por completo en una sola asignatura. Kelley y Knowles (2016) y Li et al. (2020) resaltan el valor de integrar áreas cuando la respuesta necesita saberes distintos. En EcoLab STEM, las tareas reunieron conceptos científicos, registro y análisis de información, decisiones de diseño y revisión de resultados en torno al manejo de residuos.

Estas características fueron tomadas como criterios para construir el ambiente de aprendizaje y relacionarlo con la resolución de problemas (Chen & Yang, 2019; Kelley & Knowles, 2016). La Figura 1 resume los rasgos del ABP que se conservaron en la ruta de EcoLab STEM.

Figura 1. *Características del aprendizaje basado en proyectos*



Fuente: Elaboración propia.

2.2.6 Fases del Aprendizaje Basado en Proyectos

La implementación del Aprendizaje Basado en Proyectos implica el desarrollo de una serie de fases que orientan el proceso de enseñanza y aprendizaje. Estas fases permiten estructurar el trabajo pedagógico desde la formulación del problema hasta la presentación de los resultados del proyecto, garantizando que los estudiantes participen en procesos de investigación, análisis y reflexión sobre el conocimiento construido (Guo et al., 2020; Chen & Yang, 2019).

La ruta de un proyecto suele incluir la identificación del problema, la planificación, la búsqueda de información, el desarrollo de una solución y la socialización de resultados (Kokotsaki et al., 2016; Condliffe, 2017). EcoLab STEM adaptó esa lógica a cinco fases, desde el diagnóstico hasta el cierre y la propuesta de continuidad.

Dentro de esa secuencia, las disciplinas STEM se integran en torno a una misma situación. Los estudiantes utilizan conocimientos científicos para comprenderla, recursos tecnológicos para registrar evidencias, criterios de diseño para proponer acciones y datos para comparar resultados (Kelley & Knowles, 2016).

La organización del ABP en fases estructuradas permite orientar el proceso de aprendizaje hacia la construcción progresiva del conocimiento. Estas fases favorecen el desarrollo de habilidades investigativas, colaborativas y reflexivas, las cuales resultan fundamentales para el fortalecimiento de la competencia de resolución de problemas en contextos educativos (Guo et al., 2020; Chen & Yang, 2019).

2.2.7 Rol del docente en el Aprendizaje Basado en Proyectos

Dentro del enfoque del Aprendizaje Basado en Proyectos, el rol del docente adquiere una dimensión distinta a la de los modelos tradicionales de enseñanza. En lugar de ser el principal transmisor de conocimiento, el docente se convierte en un facilitador del aprendizaje que orienta, acompaña y retroalimenta el proceso investigativo desarrollado por los estudiantes (Kokotsaki et al., 2016; Kelley & Knowles, 2016).

Este cambio de rol implica que el docente diseñe experiencias de aprendizaje que promuevan la exploración, el cuestionamiento y la resolución de problemas. De la misma forma, debe proporcionar orientaciones metodológicas que permitan a los estudiantes organizar su trabajo, analizar información relevante y construir soluciones fundamentadas frente a los desafíos planteados en el proyecto (Chen & Yang, 2019; Guo et al., 2020).

Además, el docente cumple una función clave en la creación de ambientes de aprendizaje colaborativos en los que se fomente el intercambio de ideas, la argumentación y la reflexión colectiva. Estas condiciones favorecen el desarrollo de habilidades sociales y cognitivas necesarias para el trabajo en equipo y la construcción conjunta del conocimiento (Kelley & Knowles, 2016; Han et al., 2015).

Es decir, el rol del docente en el ABP consiste en diseñar, orientar y acompañar experiencias de aprendizaje que promuevan la participación activa de los estudiantes en la resolución de problemas reales. Este enfoque contribuye a la construcción de ambientes educativos más dinámicos y participativos, coherentes con los principios de la educación STEM (Kelley & Knowles, 2016).

2.2.8 Rol del estudiante en el Aprendizaje Basado en Proyectos

En el Aprendizaje Basado en Proyectos, el estudiante asume un papel protagónico en la construcción de su propio conocimiento. A diferencia de los enfoques tradicionales centrados en la transmisión de información, el ABP promueve que los estudiantes participen activamente en procesos de investigación, análisis y resolución de problemas, lo que favorece el desarrollo de habilidades cognitivas y sociales (Guo et al., 2020; Chen & Yang, 2019).

Durante el desarrollo de los proyectos, los estudiantes formulan preguntas, investigan información relevante, analizan diferentes alternativas de solución y elaboran productos que evidencian el aprendizaje alcanzado. Este proceso fomenta la autonomía, la responsabilidad y la capacidad de tomar decisiones fundamentadas frente a los desafíos planteados (Kokotsaki et al., 2016; Kelley & Knowles, 2016).

El trabajo con otros fue otra forma de participación estudiantil. Construir una respuesta en equipo implicaba comunicar ideas, negociar y resolver desacuerdos; esas acciones formaron parte del conocimiento producido colectivamente. Han et al. (2015) y Kelley y Knowles (2016) relacionan la colaboración con la búsqueda de soluciones ante problemas complejos.

Asumir un papel activo en el ABP no equivale a seguir una lista de instrucciones. El estudiante interviene en la exploración, en las decisiones y en la revisión de lo realizado, con demandas cognitivas, sociales y metacognitivas. Esta función coincide con la educación STEM centrada en problemas reales que describen Chen y Yang (2019) y Kelley y Knowles (2016).

2.2.9 Resolución de problemas en educación STEM

En STEM, la resolución de problemas reúne conocimientos científicos, tecnológicos, de ingeniería y matemáticos frente a un desafío. Kelley y Knowles (2016) aclaran que no consiste en repetir un procedimiento conocido. El estudiante debe interpretar una situación nueva, seleccionar información y proponer una respuesta fundamentada, lo que involucra pensamiento crítico y toma de decisiones.

Dentro de un ambiente STEM, investigar, experimentar y diseñar son caminos posibles para responder a una situación del mundo real. En ellos se movilizan conocimientos disciplinares y, al mismo tiempo, se analizan datos, se argumenta y se comparan alternativas. Li et al. (2020) y Han et al. (2015) destacan estas habilidades en experiencias de integración.

El uso de los conceptos en una situación real modifica su lugar dentro del aprendizaje: dejan de ser información aislada y se convierten en herramientas que pueden transferirse a nuevos problemas. Guo et al. (2020) y la OCDE (2019) relacionan este trabajo contextualizado con una construcción activa del conocimiento que supera la simple recordación.

En síntesis, resolver problemas ocupa un lugar central en STEM porque relaciona conocimientos de las disciplinas con análisis, decisión y búsqueda de respuestas. Esta relación era pertinente para EcoLab STEM: el manejo y la clasificación de residuos constituían una situación real del entorno escolar que requería movilizar más de un saber (Kelley & Knowles, 2016).

2.2.10 Competencias STEM

Las competencias STEM hacen referencia al conjunto de conocimientos, habilidades y actitudes que permiten a los estudiantes comprender fenómenos científicos, utilizar herramientas tecnológicas, aplicar principios de ingeniería y emplear el razonamiento matemático para analizar y resolver problemas del mundo real. Estas competencias han adquirido una creciente relevancia en los sistemas educativos contemporáneos debido a su relación con el desarrollo del pensamiento crítico, la creatividad y la innovación (Li et al., 2020; Kelley & Knowles, 2016).

Las competencias STEM se expresan en acciones observables: formular preguntas, interpretar datos, contrastar explicaciones y sustentar decisiones. Kelley y Knowles (2016) y Han et al. (2015) relacionan estas capacidades con experiencias interdisciplinarias en las que el estudiante participa activamente.

La resolución del reto también requirió habilidades que no pertenecen a una sola disciplina: pensamiento crítico, creatividad, colaboración y comunicación (Guo et al., 2020; OCDE, 2019). En la implementación se observaron especialmente al distribuir roles, explicar el problema, negociar una propuesta y revisar lo realizado.

Por esa razón no definimos la competencia STEM como simple dominio conceptual. El estudiante debía movilizar lo que sabía y coordinarlo con habilidades cognitivas y sociales para responder a una situación concreta (Li et al., 2020; Kelley & Knowles, 2016). Esa definición se reflejó después en los criterios utilizados para valorar el postest.

2.2.11 Pensamiento crítico y habilidades analíticas

El pensamiento crítico constituye una de las competencias fundamentales en la educación contemporánea, especialmente en contextos STEM donde los estudiantes deben analizar información, evaluar evidencias y tomar decisiones fundamentadas frente a problemas complejos. Esta habilidad implica la capacidad de interpretar datos, cuestionar supuestos y reflexionar sobre diferentes alternativas antes de llegar a una conclusión (OCDE, 2019).

En este estudio el pensamiento crítico se vinculó con momentos en los que el estudiante debía explicar por qué una situación constituía un problema, comparar opciones y justificar una decisión. Guo et al. (2020) y Kelley y Knowles (2016) sitúan la discusión y el uso de evidencias dentro de este tipo de aprendizaje. La categoría se analizó, por tanto, a partir de las respuestas y decisiones registradas en el proyecto.

Dentro de los ambientes de aprendizaje STEM, el pensamiento crítico se fortalece a través de actividades que implican investigación, experimentación y análisis de resultados. Estas experiencias permiten que los estudiantes desarrollen una comprensión más profunda de los contenidos académicos y aprendan a evaluar la efectividad de las soluciones propuestas (Han et al., 2015; Kelley & Knowles, 2016).

Por lo anterior se puede afirmar que el pensamiento crítico y las habilidades analíticas constituyen competencias esenciales para el desarrollo de procesos de resolución de problemas en contextos STEM. Su fortalecimiento en el aula contribuye a formar estudiantes capaces de analizar situaciones complejas y proponer soluciones fundamentadas frente a los desafíos de su entorno (OCDE, 2019; Kelley & Knowles, 2016).

2.2.12 Creatividad e innovación en contextos STEM

La creatividad y la innovación son competencias clave dentro de los enfoques educativos STEM, ya que permiten a los estudiantes generar ideas originales y desarrollar soluciones novedosas frente a problemas del mundo real. Estas habilidades resultan fundamentales en un contexto caracterizado por cambios tecnológicos y científicos constantes que demandan capacidades para el pensamiento divergente y la generación de propuestas innovadoras (Li et al., 2020; Kelley & Knowles, 2016).

En los ambientes de aprendizaje STEM, la creatividad se promueve mediante actividades que implican diseño, experimentación y construcción de prototipos. Estas experiencias permiten que los estudiantes exploren diferentes alternativas de solución, prueben sus ideas y evalúen la viabilidad de sus propuestas a partir de procesos de ensayo y error (Kelley & Knowles, 2016; Han et al., 2015).

En el proyecto, innovar no significó crear una solución de gran escala. Se entendió como usar lo aprendido para proponer una acción diferente o mejorar una respuesta frente al problema identificado. Guo et al. (2020) y la OCDE (2019) señalan que los proyectos abren oportunidades para combinar conocimiento, creatividad y análisis. Los grupos pusieron en juego esa posibilidad al diseñar alternativas viables con los recursos disponibles.

La creatividad y la innovación cumplieron una función práctica. Una idea no se valoró únicamente por ser novedosa, sino por su aporte al manejo de residuos y por su viabilidad en el contexto. Esta comprensión coincide con Kelley y Knowles (2016), quienes sitúan la integración STEM en problemas reales que obligan a combinar saberes.

2.2.13 Ambiente de aprendizaje

El concepto de ambiente de aprendizaje hace referencia al conjunto de condiciones pedagógicas, sociales y materiales que influyen en el proceso de enseñanza y aprendizaje dentro de un contexto educativo. Estos ambientes incluyen tanto los espacios físicos como las interacciones entre docentes y estudiantes, así como las estrategias didácticas utilizadas para promover la construcción del conocimiento (Fraser, 2014; OCDE, 2019).

Para el equipo, el ambiente de aprendizaje STEM no fue sinónimo de salón ni de plataforma. Incluyó las tareas, los recursos, las interacciones y las decisiones que permitían explorar el problema. Siguiendo a Kelley y Knowles (2016), su diseño debía abrir espacio a la indagación, la experimentación y la relación entre disciplinas hasta llegar a una respuesta.

La forma en que se organizan tareas, recursos e interacciones afecta la relación de los estudiantes con el aprendizaje. Cuando estos componentes se articulan, el ambiente puede apoyar tanto el trabajo interdisciplinario como la resolución de problemas. Fraser (2014) y Kelley y Knowles (2016) aportan elementos para comprender esa función en contextos STEM.

2.2.14 Experiencias de aprendizaje interdisciplinar

La interdisciplinariedad resulta central en STEM porque un problema complejo exige aportes de varias disciplinas. En lugar de presentar los conocimientos como fragmentos sin relación, los conecta para construir una comprensión más amplia del fenómeno. Kelley y Knowles (2016) y Li et al. (2020) sustentan esta manera de organizar el aprendizaje.

Las experiencias interdisciplinarias llevan al estudiante a relacionar conceptos de distintas áreas y usarlos ante una situación real. Con ello, el análisis puede incorporar

perspectivas diferentes y mantenerse vinculado con el contexto. Kelley y Knowles (2016) y Guo et al. (2020) describen este aporte al aprendizaje y a la comprensión de problemas.

La integración interdisciplinaria interesa en este estudio por las operaciones que puede movilizar: contrastar información, formular una idea, justificarla y revisar una respuesta. En la literatura, esas operaciones se relacionan con pensamiento crítico, creatividad y resolución de problemas, habilidades necesarias frente a desafíos científicos, tecnológicos y ambientales contemporáneos (Han et al., 2015; OCDE, 2019).

Una experiencia interdisciplinaria cobra sentido cuando las áreas aportan a la lectura de un mismo problema. En ambientes STEM, esa relación permite examinar situaciones reales y construir soluciones con conocimientos provenientes de varios campos (Kelley & Knowles, 2016). Esta fue la función asignada a la integración dentro de EcoLab STEM.

2.2.15 Sostenibilidad y manejo de residuos

La sostenibilidad educativa exige relacionar los aprendizajes con decisiones que afectan el ambiente y la vida colectiva. La UNESCO (2020) plantea que la educación para el desarrollo sostenible debe ayudar a comprender problemas complejos y a actuar de manera responsable frente a ellos. En EcoLab STEM esta orientación se concretó en una problemática observable por los estudiantes: la generación, separación y manejo de residuos.

El manejo de residuos combina decisiones de consumo, separación, aprovechamiento, recolección y disposición. Cuando estos componentes funcionan de manera deficiente aparecen impactos ambientales, sanitarios y sociales; por ello, la gestión sostenible requiere considerar tanto el sistema de manejo como la participación de las personas (Wilson et al., 2013; Ferronato & Torretta, 2019).

El manejo de residuos ofrecía una ventaja pedagógica: podía observarse, registrarse y discutirse dentro de la vida escolar. A partir de ese problema, un proyecto STEM permite clasificar materiales, organizar información, contrastar resultados y diseñar acciones para la institución. Así se enlazan saberes de varias áreas con una situación auténtica (Kelley & Knowles, 2016; Mkhonto & Mnguni, 2021).

Aprender sostenibilidad a través de los residuos no se reduce a recordar el código de colores. La situación obliga a revisar información y evidencias, decidir cómo actuar y valorar si la respuesta es viable en la institución. Esa cercanía convierte el manejo de residuos en un contexto pertinente para STEM (UNESCO, 2020; Ferronato & Torretta, 2019).

El vínculo entre conocimiento científico y problemática ambiental exige que el estudiante interprete lo que ocurre en su entorno y formule una respuesta. Un ambiente STEM puede sostener ese tránsito entre análisis y propuesta, como señalan Wilson et al. (2013) y Ferronato & Torretta (2019). En EcoLab STEM, dicha relación se situó en el manejo y la clasificación de residuos.

2.3 Marco Legal

El marco normativo se revisó para delimitar responsabilidades educativas y ambientales, no como un listado separado de la propuesta. Las disposiciones colombianas sobre educación, educación ambiental y gestión integral de residuos permitieron relacionar la formación escolar con prácticas de separación, manejo adecuado y responsabilidad frente al entorno.

La Constitución Política (1991) reconoce la educación como derecho y función social. En ese marco, la Ley 115 de 1994 incorpora la formación de una conciencia orientada a conservar y mejorar el ambiente, mientras la Ley 1549 de 2012 fortalece la política nacional de

educación ambiental. EcoLab STEM se vinculó con estas disposiciones mediante una propuesta pedagógica construida alrededor de un problema del territorio.

La gestión del problema también se apoyó en normas sobre residuos. El Decreto 1077 de 2015 reúne disposiciones relativas al servicio público de aseo, y el CONPES 3874 de 2016 establece la Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos. En la escuela, los PRAE incorporan la dimensión ambiental a la formación; EcoLab STEM se relacionó con ese propósito mediante proyectos, acciones colaborativas y registros de seguimiento.

Para trabajar la separación en la fuente se conservó el código de colores de la Resolución 2184 de 2019, vigente desde 2021. En consecuencia, el marco normativo principal quedó integrado por la Constitución de 1991, la Ley 115 de 1994, la Ley 1549 de 2012, el Decreto 1077 de 2015, el CONPES 3874 de 2016 y la Resolución 2184 de 2019.

La propuesta se relaciona con este conjunto de normas al hacer que los estudiantes identifiquen una situación ambiental de la institución, construyan una respuesta y revisen sus resultados dentro del mismo entorno escolar.

CAPÍTULO III

El trabajo de campo reunió tres instituciones con condiciones sociales, tecnológicas y escolares diferentes. Esa característica orientó la metodología desde el inicio: una comparación de puntajes, por sí sola, no explicaba la experiencia. Debíamos examinar también las interacciones, las decisiones de los estudiantes y la manera en que justificaban los productos contruidos.

La evidencia disponible tenía formas distintas. El diagnóstico y el posttest permitían describir cambios; las respuestas abiertas, los productos y los registros mostraban el proceso seguido. Por ello se eligió un enfoque mixto, coherente con la integración de fuentes que proponen Creswell y Poth (2024) para interpretar un caso educativo situado. Los resultados se circunscribieron a esta experiencia y no se planteó una generalización estadística.

El componente mixto cumplió una función complementaria. Los indicadores permitieron comparar a los 86 participantes, mientras las evidencias de cada institución conservaron el contexto de las respuestas y ayudaron a explicar el recorrido. Así se integraron descripción numérica e interpretación del proceso, de acuerdo con Creswell & Poth (2024).

En coherencia con lo anterior, el capítulo se estructura en los apartados correspondientes al paradigma de investigación, enfoque metodológico, tipo de investigación y demás componentes que permiten describir de manera sistemática el diseño metodológico del estudio.

3.1 Paradigma de investigación

La investigación se inscribe en un paradigma interpretativo porque busca comprender una experiencia educativa situada a partir de las acciones, respuestas y significados contruidos

por sus participantes. Desde esta perspectiva, los datos se leen en relación con el contexto en el que fueron producidos y no como una representación aislada de la realidad escolar (Flick, 2018).

Adoptamos el paradigma interpretativo porque necesitábamos comprender lo que ocurría durante la experiencia en cada contexto escolar, además de registrar resultados. Flick (2018) plantea que la investigación cualitativa atiende los significados construidos por las personas en situaciones concretas. Esa mirada nos permitió leer cómo estudiantes y docentes entendieron el problema de los residuos, participaron en las fases de EcoLab STEM y valoraron las respuestas que fueron construyendo.

Con esta elección mantuvimos el proceso y el contexto dentro del análisis. Las diferencias entre las tres instituciones se consideraron parte de la experiencia y no variables que debían borrarse para producir una única lectura.

El paradigma también reconoce que el aula es un entorno dinámico. Por ello, la interpretación consideró los registros de cada fase, las respuestas de los estudiantes, las evidencias y las condiciones particulares de aplicación, en coherencia con la pregunta y los objetivos del estudio.

3.2 Enfoque de la investigación

La investigación adoptó un enfoque mixto. El componente cuantitativo reunió los resultados del pretest, las actividades interactivas, el postest y la ganancia normalizada; el componente cualitativo examinó respuestas abiertas, productos, reflexiones y evidencias del proceso. Esta combinación permitió describir los cambios observados y, al mismo tiempo, comprender cómo se desarrolló la experiencia en cada institución (Creswell & Poth, 2024).

Al analizar la experiencia encontramos dos tipos de evidencia. Los puntajes mostraban cambios en los registros; las respuestas abiertas, productos y reflexiones ayudaban a entender cómo razonaban los estudiantes. Por eso integramos ambos componentes en la discusión y contrastamos los datos antes de interpretar el proceso (Creswell & Poth, 2024; Flick, 2018).

Las fuentes respondían preguntas distintas y debían leerse en conjunto. Los datos cuantitativos mostraron variaciones entre momentos; las respuestas y los productos permitieron reconocer decisiones tomadas dentro del proyecto. La hoja de ruta de UNESCO (2020) mantuvo la sostenibilidad como marco de acción. La interpretación final, por tanto, relacionó los cambios registrados con las explicaciones ofrecidas por los estudiantes.

3.2.1 Tipo de investigación

De acuerdo con los propósitos del estudio y con el enfoque mixto adoptado, la presente investigación se configura como un estudio de caso, orientado a comprender en profundidad un fenómeno educativo situado en un contexto específico. El estudio de caso permite analizar de manera detallada procesos, experiencias y significados construidos por los actores educativos, sin pretender la generalización de los resultados, sino la comprensión profunda de una realidad particular (Creswell & Poth, 2024).

EcoLab STEM siguió una ruta común, pero se aplicó en tres instituciones con recursos y contextos distintos. Por esa razón se trabajó como caso múltiple. El análisis comenzó en cada institución y luego se contrastaron los hallazgos, conservando las particularidades de los escenarios. El fenómeno compartido fue la resolución de problemas sobre manejo y clasificación de residuos en noveno (Creswell & Poth, 2024).

El diseño fue descriptivo-interpretativo. Se describieron los resultados y evidencias de cada fase y después se interpretaron las respuestas y experiencias de los participantes. No se planteó una inferencia causal experimental; la contribución de la propuesta se valoró mediante la convergencia de fuentes cuantitativas y cualitativas (Creswell & Poth, 2024).

De esta manera, la investigación aporta conocimiento contextualizado y relevante sobre la implementación de ambientes de aprendizaje basados en proyectos, ofreciendo comprensiones profundas que pueden resultar transferibles a contextos educativos similares, sin pretender su generalización estadística, y contribuyendo a la reflexión pedagógica en torno a la educación STEM y la sostenibilidad.

3.2.2 Alcance de la investigación

La investigación se aborda desde la metodología mixta para interpretar y analizar un fenómeno pedagógico contextualizado, a partir de una experiencia situada en la escuela. La investigación es de tipo estudio de caso, ya que se enfoca en un grupo específico de estudiantes de grado noveno y en las prácticas formativas que emergen al trabajar en un ambiente de aprendizaje basado en proyectos con enfoque STEM para solucionar problemas de sostenibilidad asociados al manejo y la clasificación de residuos.

El alcance fue descriptivo-propositivo. La descripción se centró en la participación, las explicaciones y las respuestas que aparecieron durante la experiencia. El componente propositivo se materializó en la ruta EcoLab STEM, diseñada para orientar el análisis de una situación ambiental cercana. Bajo la lógica del estudio de caso se revisaron observaciones de aula, productos y espacios de reflexión (Creswell & Poth, 2024; Kokotsaki et al., 2016).

La dimensión descriptiva permitió caracterizar la línea base, la implementación y los resultados sin atribuir causalidad. La dimensión propositiva se concretó en una secuencia didáctica basada en proyectos para interpretar el problema, acordar acciones y reflexionar sobre los resultados. Las mediciones documentaron cambios y las evidencias cualitativas ayudaron a comprender el proceso (Saldaña & Omasta, 2021; Kokotsaki et al., 2016).

Los hallazgos de la investigación aportan conocimientos interpretativos y contextualizados al campo de la educación STEM y la educación para la sostenibilidad. Aunque no se pretende la generalización estadística de los resultados, estos pueden ofrecer pistas para contextos educativos similares que afronten problemas ambientales escolares (UNESCO, 2020).

3.3 Población o muestra

La presente investigación adopta un enfoque mixto, el cual prioriza la comprensión de los fenómenos educativos a partir de las experiencias de los sujetos en su contexto natural. Desde esta perspectiva, se busca la interpretación detallada de los procesos de aprendizaje desarrollados por los estudiantes durante la implementación del ambiente de aprendizaje propuesto (Creswell & Poth, 2024).

La muestra se seleccionó de manera intencionada. El propósito del estudio de caso era comprender una experiencia situada y no producir una generalización estadística, criterio coherente con Creswell y Poth (2024). Participaron grupos de grado noveno de tres instituciones ubicadas en regiones distintas del país; todos recorrieron el proyecto STEM centrado en manejo y clasificación de residuos.

En total participaron 86 estudiantes de grado noveno. La Tabla 4 presenta los criterios con los que se delimitó la participación en Nariño, Caquetá y Cesar. Mantener estos criterios nos permitió trabajar con la misma población de referencia al relacionar objetivos, instrumentos y categorías de análisis.

Tabla 4. *Criterios de inclusión y exclusión de participantes en el cuestionario*

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Estudiantes matriculados en grado noveno de las instituciones educativas participantes de Nariño, Caquetá y Cesar.	Estudiantes no matriculados en grado noveno de las instituciones educativas participantes de Nariño, Caquetá y Cesar.
Estudiantes que cuentan con el consentimiento informado de sus acudientes y manifestaron su disposición para participar.	Estudiantes que no contaron con la autorización de sus acudientes para participar en la investigación.
Estudiantes con asistencia regular durante la implementación del proyecto.	Estudiantes con ausencias frecuentes que impidieron el seguimiento del proceso formativo.

Fuente: Elaboración propia.

Luego de establecer los criterios de selección de los estudiantes, se definieron las variables que guiaron el proceso de creación de las preguntas de investigación. Estas ayudaron a definir cómo cada pregunta del cuestionario respondía los objetivos de la investigación.

3.3.1. Región de Nariño

El departamento de Nariño se ubica en el suroccidente de Colombia y es diverso geográfico, ambiental y socioculturalmente, al punto de integrar elementos tanto andinos como pacíficos (figura 2).

Figura 2. Ubicación geográfica del departamento de Nariño.



Fuente: Martínez (2019).

Nariño se caracteriza por tener comunidades rurales, sociales y económicas ligadas al sector agropecuario. Su gente vive en armonía con la naturaleza y practica principalmente actividades agrícolas que determinan las prácticas diarias de la comunidad. Pero se reconocen problemas ambientales asociados con la disposición inadecuada de los residuos sólidos, la poca separación en la fuente y la falta de sistematización de medidas para el cuidado del ambiente, las cuales también se manifiestan en el ámbito escolar. Estas condiciones hacen del corregimiento un lugar idóneo para realizar una investigación educativa que busque solucionar problemas reales del contexto, con herramientas contextualizadas e innovadoras como el Aprendizaje Basado en Proyectos con enfoque STEM.

La Institución Educativa San Lorenzo de Yaramal, presentada en la Figura 3, atiende en básica y media a estudiantes del corregimiento y de veredas cercanas. Su Proyecto Educativo Institucional incorpora cuidado ambiental, responsabilidad social, convivencia y compromiso

comunitario. EcoLab STEM encontró allí un punto de articulación: trabajar un problema del contexto mediante resolución de problemas, pensamiento científico y aportes de varias áreas.

Figura 3. Institución Educativa San Lorenzo de Yaramal



Fuente: Elaboración propia.

La población estudiantil es heterogénea en sus condiciones socioeconómicas y con poco acceso a recursos tecnológicos en el hogar (dispositivos electrónicos y conectividad permanente a internet), como ocurre en los contextos rurales.

Todavía no existen espacios que posibiliten la integración continua de las áreas STEM y la aplicación de los aprendizajes a la solución de problemas del contexto escolar comunitario. Esto demuestra la necesidad de desarrollar un ambiente de aprendizaje que integre el enfoque STEM con problemáticas reales del entorno, como el manejo y clasificación de residuos sólidos, generando aprendizajes significativos y contextualizados.

3.3.2 Región de Caquetá

El departamento de Caquetá se localiza al sur de Colombia, en la región amazónica (Figura 4). Su capital es el municipio de Florencia, centro urbano y administrativo del departamento, con una población heterogénea que integra características en su zona urbana y

rural. Caquetá es biodiverso y rico en recursos naturales, pero con problemas de sostenibilidad ambiental, gestión de residuos sólidos y acceso desigual a la educación, sobre todo en ciencias, tecnología e innovación.

Figura 4. Ubicación geográfica del departamento de Caquetá



Fuente: Martínez (2019)

El municipio de Florencia, caso de estudio, tiene problemáticas ambientales relacionadas con el desarrollo urbano, la mala disposición de basuras y la poca cultura de separación en la fuente, las cuales también se ven reflejadas en las escuelas. Dichas características hacen del municipio un lugar idóneo para realizar investigaciones educativas que busquen solucionar problemas ambientales desde pedagogías innovadoras como el Aprendizaje Basado en Proyectos con enfoque STEM.

La investigación se desarrolló en el Colegio Cristiano Maranata (Figura 5), ubicado en Florencia y con oferta educativa en los niveles de básica y media. Su formación integral se apoya en valores éticos, académicos y de convivencia. Desde el enfoque STEM, el contexto planteó el reto de fortalecer estrategias pedagógicas que articularan la resolución de problemas con situaciones ambientales abordadas de manera interdisciplinar.

Figura 5. Colegio Cristiano Maranata



Fuente: Elaboración propia.

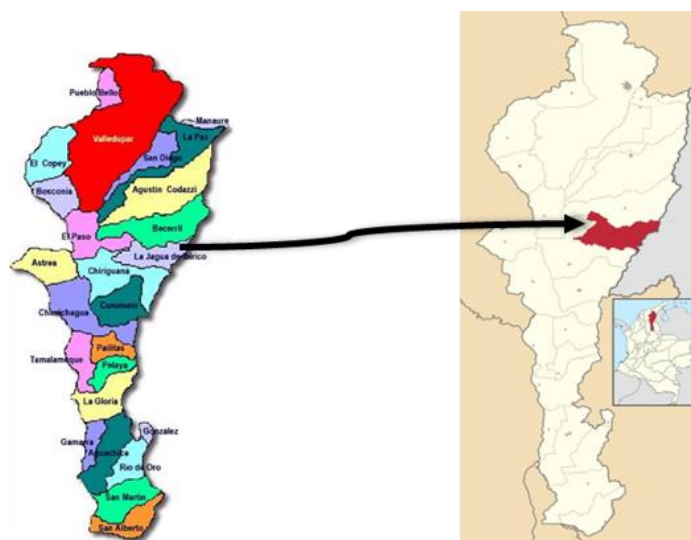
La institución tiene alumnos que provienen mayoritariamente del ambiente urbano de Florencia y de distintos niveles socioeconómicos y de acceso a la tecnología en casa (dispositivos o conectividad constante). Esta realidad afecta los procesos de enseñanza-aprendizaje, restringiendo en ciertas ocasiones el uso constante de herramientas tecnológicas fuera del aula, pero evidencia la necesidad de crear propuestas pedagógicas que utilicen los recursos con los que cuenta la institución y su contexto.

Hasta el momento no existen espacios institucionalizados, como ferias de ciencias o proyectos interdisciplinarios regulares, donde los estudiantes puedan poner en práctica lo que aprenden en las áreas STEM. Pero a pesar de estas restricciones, la institución se ha interesado por fortalecer procesos pedagógicos innovadores, de aprendizaje activo, colaborativo y de educación en valores ambientales. Esto demuestra la necesidad de desarrollar ambientes de aprendizaje que involucren la solución de problemas reales del contexto escolar, como el manejo y clasificación de residuos, generando aprendizajes significativos en los estudiantes.

3.3.3 Región de Cesar

La Jagua de Ibirico se encuentra en el Cesar, en la región Caribe y dentro de la cuenca carbonífera. La minería ha influido en las dinámicas económicas, sociales y ambientales del municipio. El territorio ocupa parte del valle del río Cesar y reúne zonas planas con áreas de transición hacia la serranía, visibles en la Figura 6. A esta diversidad se suman presiones asociadas con el uso intensivo de recursos naturales.

Figura 6. Ubicación geográfica del municipio de La Jagua de Ibirico en el departamento del Cesar



Fuente: Martínez (2019).

La minería de carbón ocupa un lugar central en la economía y en el empleo formal de La Jagua de Ibirico. A su lado permanecen la agricultura y la ganadería, aunque con un peso relativo menor. Esta configuración también forma parte del horizonte que niños y jóvenes observan para su futuro laboral y atraviesa la manera en que la escuela lee el territorio.

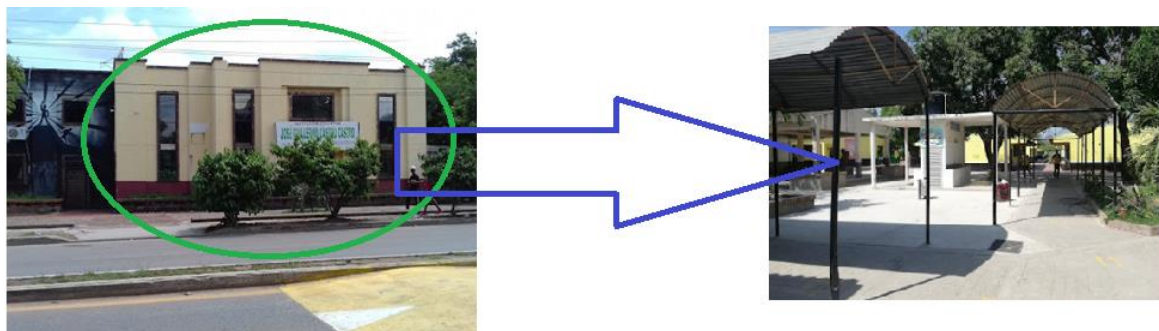
La expansión minera produjo cambios adicionales en el municipio. La llegada de población de otros lugares aceleró el crecimiento urbano y acentuó contrastes entre sectores ligados al empleo formal y zonas periurbanas con necesidades básicas insatisfechas. Con más habitantes aumentaron, además, las exigencias sobre los servicios, la planeación territorial y la convivencia.

Dentro de esa caracterización, el manejo de residuos apareció como un problema perceptible: acumulación en algunos puntos, disposición inadecuada y poca separación en la fuente, aun cuando existía recolección. También se registraban preocupaciones relacionadas con aire, suelo y agua. Para los estudiantes de noveno de la Institución Educativa José Guillermo Castro Castro, ubicada en este entorno urbano-minero, los residuos permitían conectar decisiones cotidianas, cuidado ambiental y desarrollo local.

Por esas condiciones, la aplicación de EcoLab STEM en la Institución Educativa José Guillermo Castro Castro resultaba pertinente. Era un problema reconocible en el entorno y, a la vez, requería combinar conocimientos de ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas para organizar información, discutir alternativas y asumir responsabilidades ante una situación socioambiental concreta.

La figura 7 presenta una vista general de la Institución Educativa José Guillermo Castro Castro y contextualiza el espacio físico en el cual se desarrolló la propuesta de investigación.

Figura 7. Vista general de la Institución Educativa José Guillermo Castro Castro, municipio de La Jagua de Ibirico, Cesar.



Fuente: Elaboración propia.

La Institución Educativa José Guillermo Castro Castro forma parte de un territorio atravesado por la actividad minero-energética, retos ambientales y necesidades educativas. En ese contexto se justificó trabajar el manejo y la clasificación de residuos mediante proyectos STEM. La situación era reconocible para los estudiantes de noveno y, a la vez, requería análisis y toma de decisiones, en correspondencia con el propósito de fortalecer la resolución de problemas.

3.4 Caracterización de categorías

La operacionalización se construyó para mantener conectados los objetivos, el enfoque mixto-interpretativo y las fuentes de información. No se buscó dividir de manera rígida la resolución de problemas. La matriz funcionó como una guía para reconocer, en los registros de EcoLab STEM, momentos de identificación del problema, análisis, decisión, actuación y valoración de lo realizado. Este uso sistemático de categorías es consistente con la interpretación de procesos educativos situados descrita por Creswell & Poth (2024).

En el estudio, resolver un problema supuso más que elegir una respuesta correcta. Se consideraron la identificación de la situación, su lectura desde varias perspectivas, la formulación de alternativas, la decisión adoptada y la revisión de sus efectos. Los proyectos vinculados con sostenibilidad y manejo de residuos permiten observar ese proceso en acciones concretas, con el estudiante como participante activo (OCDE, 2019; Kwon & Lee, 2025).

Desde esta perspectiva, la tabla de operacionalización organiza las categorías y dimensiones de análisis en función del ambiente de aprendizaje basado en proyectos con enfoque STEM y su contribución al desarrollo de la resolución de problemas relacionados con el manejo y la clasificación de residuos (Tabla 5). Los indicadores definidos son de carácter mixto y se orientan a describir acciones, comportamientos, reflexiones y formas de participación de los estudiantes durante el desarrollo del proyecto, priorizando la comprensión del proceso sobre la medición de resultados aislados.

Tabla 5. Operacionalización de las variables o categorías

Variable o categoría	Concepto secundario / dimensión	Indicadores de análisis y validación	Instrumento / anexo asociado
Ambiente de aprendizaje STEM basado en proyectos	Integración del ABP con STEM	Reconoce la secuencia del proyecto; relaciona saberes de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas; y explica la relación entre las fases del proyecto, los saberes STEM y la problemática abordada.	Anexo 2 / Anexo 3 / Anexo 4
Resolución de problemas	Comprensión y análisis del problema	Identifica la problemática del manejo y la clasificación de residuos; reconoce causas y consecuencias; analiza necesidades del contexto escolar y delimita el problema a intervenir.	Anexo 1 / Anexo 2 / Anexo 4
Resolución de problemas	Propuesta y toma de decisiones	Formula alternativas de solución; justifica decisiones; define acciones de implementación; analiza resultados y propone mejoras.	Anexo 2 / Anexo 3 / Anexo 4
Trabajo colaborativo	Participación, corresponsabilidad y apoyo	Asume roles, construye acuerdos, participa en la toma de decisiones, registra evidencias del trabajo conjunto y reflexiona sobre el funcionamiento del equipo.	Anexo 2 / Anexo 3 / Anexo 4
Sostenibilidad y manejo de residuos	Conciencia ambiental y prácticas sostenibles	Valora la importancia del manejo y la clasificación de residuos; reconoce hábitos previos; describe prácticas sostenibles y propone acciones de mejora viables para el entorno escolar.	Anexo 1 / Anexo 3 / Anexo 4

Fuente: Elaboración propia

Esta decisión metodológica es coherente con investigaciones recientes que señalan la pertinencia de evaluar la resolución de problemas a partir de evidencias situadas, narrativas y reflexivas, especialmente en contextos educativos diversos y con recursos limitados (Darling-Hammond et al., 2020; Flick, 2018).

3.5 Pasos o procesos de la investigación

La investigación se organizó en cuatro fases articuladas con los objetivos específicos y con los instrumentos de recolección definidos desde el enfoque mixto. Esta secuencia permitió documentar los procesos de enseñanza y aprendizaje asociados a la resolución de problemas en EcoLab STEM y analizar las experiencias, decisiones y percepciones de los estudiantes en cada contexto institucional.

Fase I. Exploración y problematización del contexto

La fase 1, representada en la Figura 8, respondió al primer objetivo específico. Los estudiantes observaron su entorno escolar, identificaron situaciones relacionadas con los residuos y realizaron una primera reflexión sobre sus causas y efectos.

El cuestionario diagnóstico de nueve preguntas complementó esa observación. Sus respuestas permitieron reconocer conocimientos, prácticas y percepciones iniciales, y sirvieron como línea base para ajustar las actividades de las fases posteriores.

Figura 8. Esquema de organización fase I



Fuente: Elaboración propia.

Fase II. Diseño del proyecto y planificación de acciones

La segunda fase respondió al segundo objetivo específico. Con el problema ya identificado, cada equipo discutió posibles respuestas, distribuyó responsabilidades y planeó una acción sobre el manejo o la clasificación de residuos en su institución. La secuencia de diseño y planificación se presenta en la Figura 9.

El interés de esta fase estaba en las decisiones del equipo, no únicamente en el producto final. Por eso se registraron las alternativas propuestas, los argumentos usados para escoger una y la organización del trabajo. Después, esos registros se interpretaron desde la relación entre ABP y STEM.

Figura 9. Esquema de organización fase II



Fuente: Elaboración propia.

Fase III. Desarrollo e implementación de la propuesta

El tercer objetivo específico se abordó durante la implementación de la propuesta. En esta fase, representada en la Figura 10, los estudiantes llevaron a la práctica las acciones planeadas. El encuentro con las condiciones reales hizo visibles dificultades y dio lugar a ajustes sustentados en la reflexión y en las decisiones de cada equipo.

Al analizar la implementación no tomamos el producto final como única evidencia. Revisamos conjuntamente los registros de EcoLab STEM, las producciones y los soportes entregados por los estudiantes. Ese contraste permitió identificar estrategias, decisiones modificadas durante el trabajo y dificultades que solo aparecieron al poner en marcha las propuestas.

Figura 10. Esquema de organización fase III



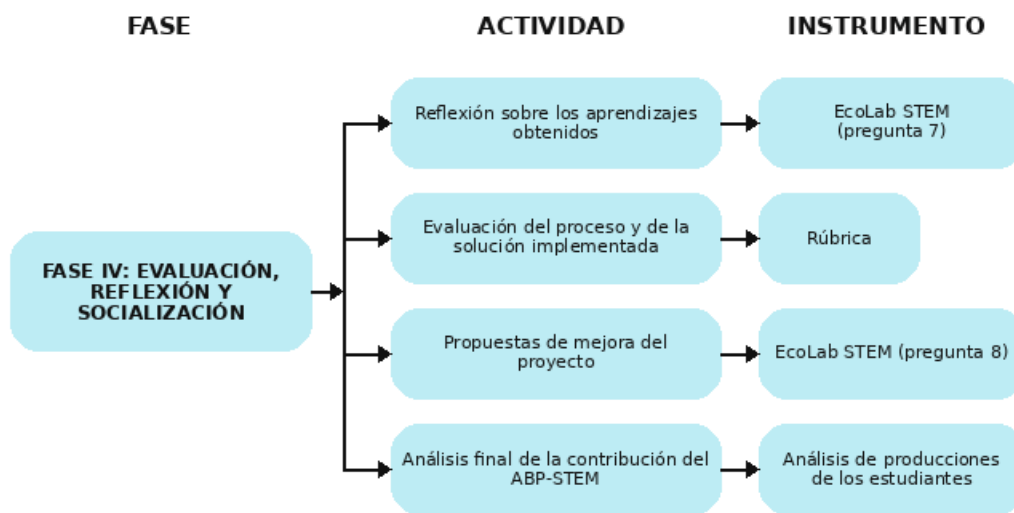
Fuente: Elaboración propia.

Fase IV. Evaluación, reflexión y socialización

La Figura 11 resume la fase de cierre. En ella los estudiantes volvieron sobre el recorrido, examinaron las soluciones construidas e identificaron qué decisiones habían funcionado. También propusieron acciones para mantener o ajustar. Las respuestas obtenidas dejaron evidencia de evaluación y metacognición dentro de la ruta.

Para comprender los aprendizajes y las mejoras propuestas se contrastaron cuatro fuentes: el cuestionario, las reflexiones de los estudiantes, la rúbrica y el análisis de sus producciones.

Figura 11. Esquema de organización fase IV



Fuente: Elaboración propia.

3.6 Instrumentos

Los instrumentos respondieron al carácter mixto de la investigación. Cuestionarios y rúbricas aportaron información cuantitativa susceptible de organización y contraste; las respuestas, experiencias y percepciones se interpretaron dentro de su contexto (Creswell & Poth, 2024). La relación entre ambos componentes permitió analizar los procesos de resolución de problemas desarrollados con EcoLab STEM.

El cuestionario no tuvo la misma función en los dos momentos. Al inicio aportó respuestas comparables para establecer la línea base; al cierre reunió explicaciones abiertas sobre la experiencia. Las preguntas se definieron antes de la aplicación y se mantuvieron iguales en las tres instituciones. Cada registro quedó asociado con participante, institución y momento, siguiendo criterios de sistematización señalados por Flick (2018).

Se incluyeron preguntas cerradas y abiertas de manera deliberada. Las cerradas ayudaron a describir tendencias; las abiertas mostraron cómo los estudiantes explicaban el problema, las decisiones de su equipo y lo aprendido. Estas respuestas se conservaron junto con fotografías, productos y registros para contrastarlas durante la interpretación (Creswell & Poth, 2024; Saldaña & Omasta, 2021).

Las preguntas abordadas durante el cuestionario fueron diseñadas de manera coherente con los objetivos de la investigación y las categorías de análisis definidas, permitiendo recoger información relacionada con la comprensión del problema, la formulación de alternativas de solución, la toma de decisiones y la reflexión sobre el proceso desarrollado. De esta forma, el instrumento contribuye a garantizar la coherencia metodológica del estudio y favorece la triangulación de la información obtenida con otros instrumentos como la rúbrica y el análisis de las producciones de los estudiantes.

3.7 Aspectos éticos de la investigación

Dado que la investigación tuvo un enfoque mixto y carácter educativo y social, y empleó cuestionarios, rúbricas de evaluación, producciones de los estudiantes y registros del proceso como fuentes de información, se establecieron los siguientes criterios éticos.

La Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia orientó la organización ética del estudio. Las actividades correspondían a procedimientos habituales del ámbito educativo y no incluían intervenciones físicas, psicológicas ni sociales. Por esa razón la investigación se clasificó como sin riesgo y la información recogida se limitó a procesos de aprendizaje.

Antes de iniciar la recolección se verificaron dos autorizaciones: el consentimiento escrito de padres o acudientes y el asentimiento de los estudiantes. Los formatos explicaban

objetivos, actividades, participación voluntaria, retiro sin consecuencias académicas y tratamiento de los datos. Solo ingresaron al análisis los registros de quienes contaban con ambas autorizaciones.

El uso de la información fue exclusivamente académico y se rigió por la Ley 1581 de 2012. Para proteger la identidad, los nombres se sustituyeron por códigos de participante en las matrices. El tratamiento de los registros también atendió los principios de dignidad, privacidad, no discriminación y responsabilidad de la Declaración Universal sobre Bioética y Derechos Humanos de UNESCO (2005).

La protección no se limitó a las bases de datos. Antes de incorporar fotografías u otras evidencias al informe se revisó que su uso correspondiera con las condiciones aceptadas por los participantes.

La participación ofreció a los estudiantes un espacio para estudiar una situación ambiental próxima y ensayar respuestas. Como resultado del proceso, las instituciones contaron con una ruta, instrumentos y registros que pueden apoyar otras acciones pedagógicas o ambientales. La decisión de participar no estuvo asociada con pagos ni con ventajas en las calificaciones.

Cuatro compromisos orientaron la recolección y el análisis: conservar los registros originales, dejar evidencia de los ajustes, comunicar los resultados sin modificar lo encontrado y reconocer la autoría de las fuentes y de los materiales utilizados.

3.8 Criterios de calidad y rigor metodológico

El rigor se examinó mediante los criterios de credibilidad, transferibilidad, dependencia y confirmabilidad (Lincoln & Guba, 1985; Creswell & Poth, 2024). En la práctica, se aplicó

una ruta común, se conservaron matrices y registros, y se contrastaron puntajes, actividades, respuestas abiertas y evidencias. La Tabla 6 relaciona cada criterio con la estrategia y el soporte correspondientes.

Tabla 6. *Criterios de rigor aplicados en la investigación*

Criterio	Aplicación en EcoLab STEM	Evidencia de control
Credibilidad	Contraste entre pre-test, post-test, actividades interactivas, respuestas abiertas, observaciones y evidencias fotográficas.	Coincidencia de tendencias entre instrumentos y revisión colegiada del equipo investigador.
Transferibilidad	Descripción de tres instituciones ubicadas en Nariño, Caquetá y Cesar, con caracterización por tamaño, edad y género.	Presentación diferenciada de resultados por institución y consolidado general.
Dependencia	Aplicación de una ruta común F1-F5, criterios de valoración definidos y registro estructurado en matrices.	Trazabilidad de respuestas, fechas, aciertos, errores, puntajes y fórmulas.
Confirmabilidad	Anonimización en el informe, conservación de bases, productos y registros; interpretación sustentada en datos y teoría.	Archivos de seguimiento, anexos, evidencias y notas metodológicas disponibles para auditoría académica.

Nota. Elaboración propia a partir de las matrices consolidadas de EcoLab STEM (2026).

3.9 Validación y ajuste de los instrumentos

La validación se realizó con tres pares expertos mediante un formulario digital. Cada par examinó los recursos, valoró quince criterios, dejó observaciones para los anexos y emitió un concepto general. Los tres conceptos fueron favorables con ajustes menores. Las recomendaciones se concentraron en la claridad de las instrucciones, la relación entre fases, la presencia del enfoque STEM, la protección de datos y el seguimiento.

Los pares también señalaron dos condiciones operativas: la baja conectividad y la necesidad de mantener trazabilidad de las evidencias. La Tabla 7 muestra cómo se atendieron esas observaciones. El equipo revisó los cuatro instrumentos denominados internamente

“Anexo 1” a “Anexo 4” -que no corresponden a la numeración formal de este informe-, ajustó la interfaz de EcoLab STEM y reunió el proceso en la matriz de validación del Anexo XIV.

Tabla 7. *Síntesis de observaciones y ajustes realizados a los instrumentos*

Aspecto revisado	Observación atendida	Ajuste incorporado
Claridad del diagnóstico	Evitar formulaciones ambiguas y precisar instrucciones, tiempo estimado y selección de una sola opción.	Se simplificó la redacción de P1-P9 y se incorporaron instrucciones visibles en la versión digital e impresa.
Coherencia entre momentos	Relacionar el cierre con la identificación del problema, el trabajo colaborativo, el aprendizaje logrado y la mejora.	El post-test se organizó en cuatro preguntas abiertas R1-R4 y una rúbrica común.
Accesibilidad	Prever condiciones de baja conectividad y diferencias en la disponibilidad tecnológica.	Se elaboraron versiones imprimibles de contingencia equivalentes a los formularios de la plataforma.
Ética y protección de datos	Explicitar consentimiento, asentimiento, anonimato, participación voluntaria y uso académico.	Se incorporaron formatos institucionales y códigos de identificación para el tratamiento de la información.
Trazabilidad	Asegurar que los resultados puedan relacionarse con fases, actividades, criterios y evidencias.	Se consolidaron matrices por institución, diccionario de variables y controles automáticos de aciertos y errores.

Nota. Síntesis elaborada por el equipo investigador a partir del proceso de revisión de instrumentos.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Los resultados se presentan siguiendo el recorrido de EcoLab STEM y se interpretan en relación con el fortalecimiento de la resolución de problemas. La lectura parte de las condiciones previas, examina lo ocurrido durante la experiencia y llega a los resultados de cierre. Comparar estos momentos permite valorar los cambios sin separar los puntajes de las decisiones y acciones que los estudiantes desarrollaron.

La organización del capítulo conserva la secuencia del estudio: caracterización y línea base, aplicación de EcoLab STEM y contraste de los resultados finales. En cada momento se relacionaron puntajes, actividades, respuestas abiertas y evidencias; después se integraron mediante triangulación y matriz DOFA. Los soportes correspondientes se encuentran en los Anexos IX, XI, XII, XIII y XV.

La experiencia reunió a 86 estudiantes de grado noveno de las tres instituciones. Para reconstruirla se consultaron matrices de seguimiento, registros de la plataforma, formatos impresos, fotografías y respuestas del postest. Ninguna fuente se tomó de manera aislada; su lectura conjunta evitó que la resolución de problemas quedara representada por un único puntaje.

4.1 Caracterización de los participantes

La caracterización permitió leer los resultados a la luz de la edad, el género, el tamaño de cada grupo y el contexto institucional. Estos datos no se utilizaron para establecer jerarquías, sino para reconocer las condiciones desde las cuales participó cada grupo.

La muestra consolidada estuvo conformada por 86 estudiantes de grado noveno pertenecientes a las tres instituciones. La Tabla 8 resume las principales características de la población participante.

Tabla 8. *Síntesis general de la muestra consolidada.*

Indicador	Resultado
Total, de estudiantes	86
Género femenino	47 (54,7 %)
Género masculino	39 (45,3 %)
Rango de edad	13 a 17 años
Edad con mayor frecuencia	15 años
Pre-Test aplicado	86 registros en matriz

Nota. Elaboración propia a partir de la matriz consolidada de EcoLab STEM.

Participaron 47 estudiantes de género femenino y 39 de género masculino. Las edades estuvieron entre 13 y 17 años, con una mayor concentración en los 15 años. Se trató, por tanto, de una población adolescente propia de la educación básica secundaria, etapa en la que el trabajo colaborativo y la construcción de hábitos escolares tienen especial relevancia.

La Tabla 9 detalla la distribución de los estudiantes por institución, género y edad.

Tabla 9. *Distribución por edad, género e institución.*

Institución	Total	Femenino	Masculino	Edades registradas
I.E. José Guillermo Castro Castro	35	18	17	14 años: 10, 15 años: 20, 16 años: 5
I.E. San Lorenzo de Yaramal	34	22	12	13 años: 4, 14 años: 8, 15 años: 20, 16 años: 2

Institución	Total	Femenino	Masculino	Edades registradas
Colegio Cristiano	17	7	10	13 años: 1, 14 años: 9, 15 años: 3,
Maranata				16 años: 3, 17 años: 1

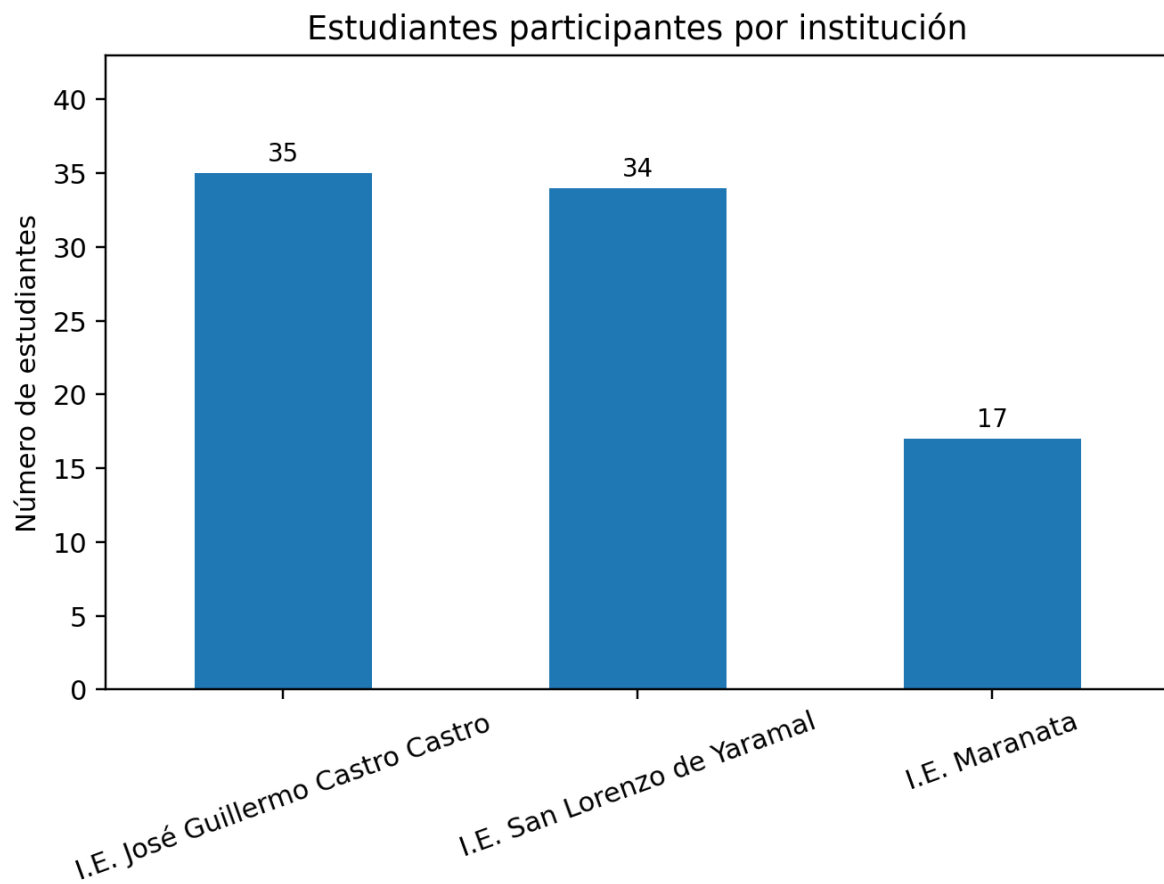
Nota. Elaboración propia a partir de la matriz consolidada de EcoLab STEM.

Los grupos estuvieron conformados por 35 estudiantes de José Guillermo Castro Castro, 34 de San Lorenzo de Yaramal y 17 del Colegio Cristiano Maranata. También presentaban diferencias de edad y de composición por género. Mantuvimos estos datos para describir la población que recorrió una misma ruta, sin convertirlos por sí solos en explicaciones de los resultados.

La aplicación se realizó en instituciones de Cesar, Nariño y Caquetá. El trabajo en estas tres realidades permitió distinguir dos asuntos: los componentes de EcoLab STEM que debían conservarse y los ajustes necesarios en acceso o acompañamiento. Compartir una ruta no borró las condiciones particulares de cada grupo.

Para complementar la caracterización de la población, las Figuras 12, 13 y 14 presentan la distribución de los participantes según género, edad e institución educativa, facilitando una lectura visual de las principales tendencias observadas en la muestra.

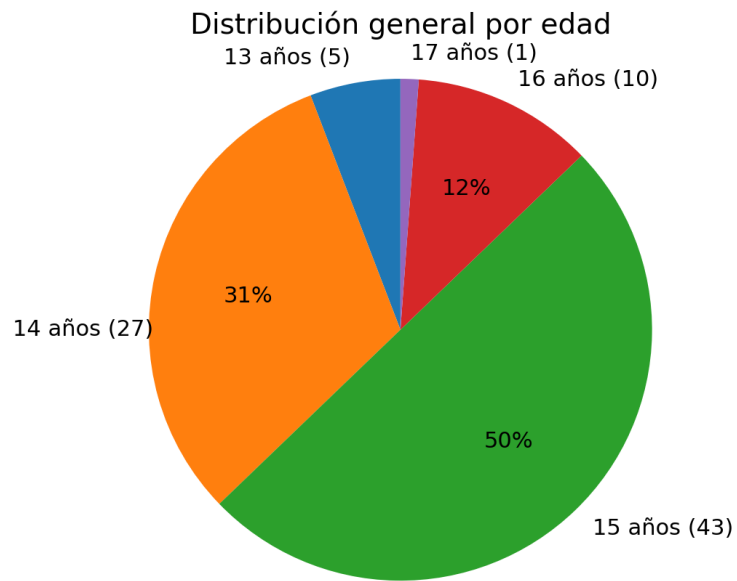
Figura 12. Distribución de estudiantes por institución educativa.



Nota. Estudiantes participantes de cada institución educativa. I.E. José Guillermo Castro Castro (Cesar), I.E. San Lorenzo de Yaramal (Nariño), Colegio Cristiano Maranata (Caquetá).

Elaboración propia.

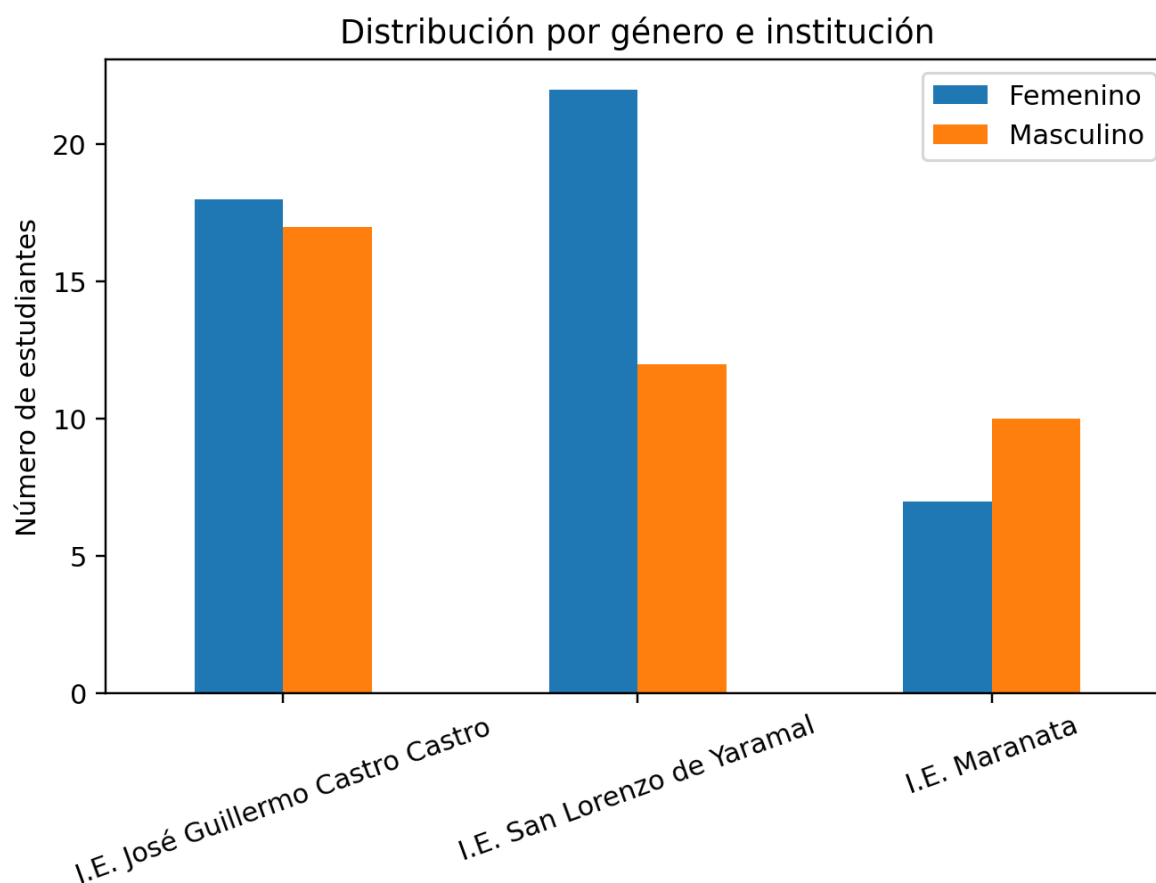
Figura 13. Distribución de estudiantes por edad.



Nota. 86 estudiantes participantes. La mayor frecuencia se presenta en 15 años (50 %).

Fuente: Elaboración propia.

Figura 14. Distribución de estudiantes por género e institución educativa.



Nota. 86 estudiantes distribuidos en 3 instituciones educativas. La I.E San Lorenzo de Yaramal presenta mayor participación femenina. Fuente: Elaboración propia.

Las gráficas permiten ver con rapidez la composición de la muestra y complementan la información de las tablas. En lugar de asumir una población uniforme, la caracterización mostró tres grupos con tamaños y distribuciones diferentes. Este punto se tuvo en cuenta al interpretar el diagnóstico y los resultados posteriores.

4.2 Resultados de la fase diagnóstica

El diagnóstico buscó conocer qué sabían y qué hacían los estudiantes frente al reciclaje y la clasificación de residuos antes de iniciar la ruta. Las nueve preguntas permitieron

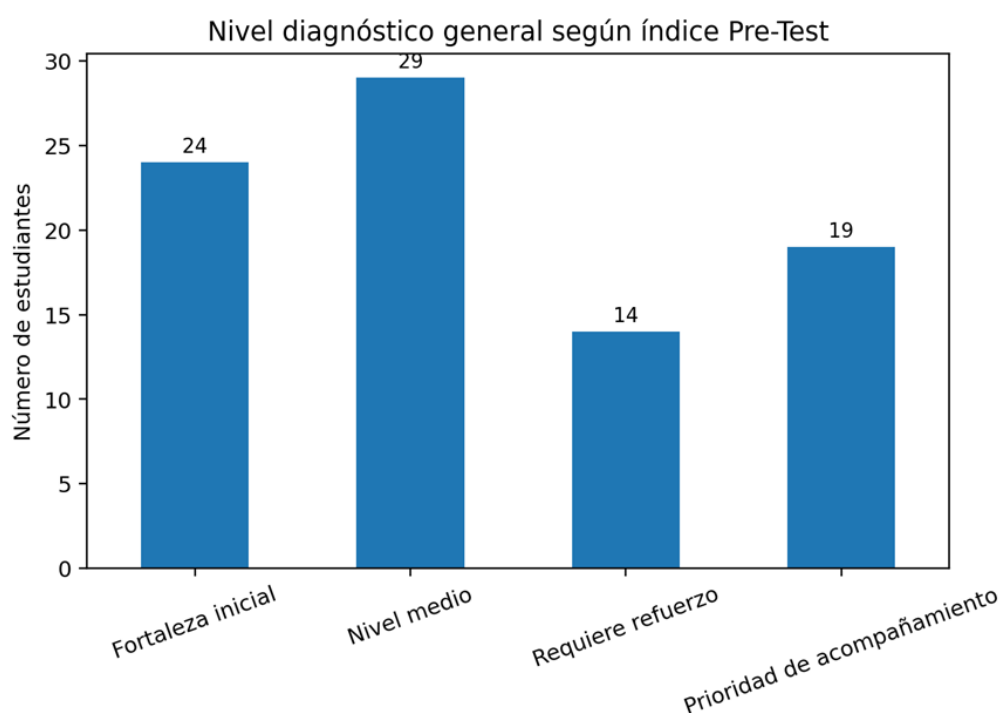
establecer una línea base sobre conocimientos, prácticas, motivación y experiencia previa en proyectos ambientales.

Los resultados presentados a continuación corresponden al análisis de las respuestas obtenidas mediante el Pre-Test aplicado a los 86 estudiantes participantes de las tres instituciones educativas vinculadas al estudio (figura 15).

4.2.1 Resultados generales del Pre-Test

Como primera aproximación a las concepciones iniciales de los estudiantes, se calculó un índice general de desempeño a partir de las respuestas obtenidas en el instrumento diagnóstico. Este indicador permite sintetizar el nivel de conocimiento y apropiación de aspectos relacionados con el reciclaje, la clasificación de residuos y algunas prácticas ambientales presentes en los contextos escolar y familiar.

Figura 15. Índice general del Pre-Test diagnóstico.



Nota. El nivel con mayor frecuencia fue “Nivel medio” con 29 estudiantes, seguido de “Fortaleza inicial” con 24 estudiantes, “Prioridad de acompañamiento” agrupó 19 estudiantes y “Requiere refuerzo” 14 estudiantes. Fuente: Elaboración propia, matriz consolidada EcoLab STEM.

El índice general del diagnóstico fue 60,5 %. Este resultado mostró que los estudiantes ya manejaban algunas nociones sobre reciclaje, clasificación y cuidado ambiental. Al mismo tiempo, dejó asuntos por fortalecer, sobre todo cuando esos conocimientos debían usarse en situaciones cotidianas y convertirse en una decisión o una práctica.

Para complementar esta lectura, la Tabla 10 presenta la distribución de los estudiantes según los niveles definidos para el diagnóstico.

Tabla 10. *Distribución general de niveles diagnósticos.*

Nivel diagnóstico	Estudiantes	Porcentaje
Fortaleza inicial	24	27,9 %
Nivel medio	29	33,7 %
Requiere refuerzo	14	16,3 %
Prioridad de acompañamiento	19	22,1 %

Nota. Elaboración propia a partir de la matriz consolidada de EcoLab STEM.

En la clasificación diagnóstica, 29 estudiantes se ubicaron en nivel medio (33,7 %) y 24 en fortaleza inicial (27,9 %). Otros catorce requirieron refuerzo (16,3 %) y 19 quedaron en prioridad de acompañamiento (22,1 %). En conjunto, estos dos últimos niveles representaron el 38,4 % de los participantes y orientaron la organización del apoyo posterior.

Desde la línea base se hizo evidente que el acompañamiento no podía ser uniforme. Mientras algunos estudiantes manejaban conceptos básicos de reciclaje y clasificación, otros dudaban al diferenciar residuos o al usar esas ideas en situaciones cotidianas. La ruta se orientó teniendo en cuenta esa diversidad inicial.

En términos generales, los hallazgos obtenidos constituyeron una línea base para comprender las condiciones de partida de los participantes y sirvieron como referente para analizar los cambios evidenciados en las fases posteriores de la investigación.

4.2.2 Resultados por categorías evaluadas

Los resultados de las nueve preguntas del pretest se organizaron en cuatro ámbitos: conocimientos sobre reciclaje y clasificación, prácticas en el hogar y el colegio, motivación hacia el aprendizaje ambiental y experiencia previa en proyectos. La Tabla 11 presenta los resultados por pregunta.

Tabla 11. Resultados generales del Pre-Test por pregunta.

Ítem	Aspecto	Promedio	Resultado destacado	Lectura pedagógica
P1	Reciclaje	61,6 %	70 estudiantes indicaron saber o tener una idea básica.	Existe reconocimiento inicial del reciclaje, aunque parte del grupo lo maneja como idea básica.
P2	Separación casa	50,0 %	18 siempre se separan y 50 lo hacen a veces.	La separación en casa aparece como práctica intermitente más que como hábito estable.

Ítem	Aspecto	Promedio	Resultado destacado	Lectura pedagógica
P3	Separación colegio	48,8 %	26 observan separación constante y 32 la observan a veces.	La separación en el colegio es visible para algunos estudiantes, pero no está plenamente incorporada.
P4	Caneca blanca	67,4 %	58 identificaron correctamente la caneca blanca.	La caneca blanca es la más reconocida, aunque aún hay respuestas incorrectas o ausencia de respuesta.
P5	Caneca negra	66,3 %	57 identificaron la caneca negra como no aprovechables.	La caneca negra presenta buen reconocimiento, con necesidad de unificar lenguaje y ejemplos.
P6	Caneca verde	55,8 %	48 identificaron correctamente la caneca verde.	La caneca verde requiere refuerzo, especialmente para diferenciar orgánicos de aprovechables.
P7	Aprender jugando	74,4 %	57 expresaron alta motivación por aprender jugando.	Hay alta disposición para aprender mediante juego, lo cual favorece la propuesta EcoLab STEM.
P8	Cuidar planeta	73,3 %	53 consideran que cuidar el planeta es divertido e importante.	El cuidado del planeta se percibe principalmente como importante y positivo.
P9	Experiencia previa	46,5 %	32 han participado antes en proyectos de reciclaje.	La experiencia previa en proyectos de reciclaje es desigual, lo que justifica iniciar con actividades guiadas.

Nota. Elaboración propia a partir de la matriz consolidada de EcoLab STEM.

Los resultados presentados permiten identificar tendencias relevantes en las diferentes dimensiones evaluadas. A continuación, se describen los principales hallazgos agrupados por categoría de análisis

Conocimientos sobre reciclaje y clasificación de residuos

Los resultados relacionados con el reconocimiento del reciclaje y la clasificación de residuos evidencian la presencia de conocimientos previos en una parte importante de los estudiantes.

Las respuestas sobre reciclaje y código de colores mostraron una base de conocimiento. La caneca blanca fue reconocida correctamente por 58 estudiantes y la negra por 57. En ambos casos el resultado superó al registrado para la caneca verde.

La caneca verde reunió 48 respuestas correctas y señaló una dificultad puntual. Durante la ruta, esta diferencia se trabajó con ejemplos, ejercicios de clasificación y discusión de las decisiones. El propósito era distinguir con mayor precisión residuos orgánicos, aprovechables y no aprovechables.

Prácticas ambientales reportadas en el hogar y en la institución educativa

La regularidad de las prácticas fue menor que el reconocimiento conceptual. En el hogar, 18 estudiantes dijeron separar siempre y 50 algunas veces. En el colegio, 26 percibían una separación permanente y 32 una práctica ocasional. Esta distancia entre saber qué hacer y sostener la acción dio una orientación concreta al trabajo posterior.

Los resultados permitieron separar dos cuestiones que no son equivalentes: reconocer el valor del reciclaje y convertir la separación en un hábito. La frecuencia reportada variaba

entre el hogar y la institución. Por ello las actividades no se limitaron a repetir el código de colores; lo relacionaron con decisiones y acciones que podían observarse.

Motivación hacia el aprendizaje ambiental

Los valores más altos del instrumento aparecieron en la disposición para aprender mediante actividades lúdicas y en la valoración del cuidado del planeta. Antes de iniciar EcoLab STEM, los grupos mostraban una actitud favorable hacia los temas ambientales y hacia experiencias educativas que implicaran participación.

También se encontró interés por formas de aprendizaje dinámicas y participativas. Esta característica de los grupos se tuvo en cuenta al organizar las actividades, sin asumir que la motivación inicial equivalía por sí sola a un aprendizaje logrado.

Experiencia previa en proyectos ambientales

La experiencia previa en proyectos de reciclaje estuvo entre los resultados más bajos del diagnóstico. Una parte importante de los estudiantes informó que había participado poco en iniciativas ambientales de su institución o comunidad. La ruta, por tanto, debía explicar cómo organizar el proyecto y no dar ese procedimiento por conocido.

La información obtenida permite identificar que el acercamiento a proyectos relacionados con el manejo de residuos ha sido heterogéneo entre los participantes, evidenciando diferencias en las oportunidades de participación que han tenido antes de iniciar la presente investigación.

Lectura integrada de los resultados por categorías

Al reunir las categorías apareció un punto de partida mixto. Los estudiantes contaban con nociones generales de reciclaje, valoraban el cuidado ambiental y mostraban disposición hacia actividades dinámicas. Al mismo tiempo, persistían dificultades para clasificar en la práctica, mantener hábitos y vincular esas acciones con experiencias previas de proyecto.

Esta caracterización se mantuvo como referencia durante el resto del análisis. De ese modo, los resultados posteriores se leyeron frente a las condiciones iniciales de los estudiantes y no como datos separados del proceso.

4.2.3 Comparación de resultados entre instituciones

La participación de tres instituciones educativas ubicadas en contextos diferentes permite identificar similitudes y diferencias en las condiciones iniciales de los estudiantes frente al manejo y clasificación de residuos. La comparación realizada tiene un carácter descriptivo y busca reconocer particularidades presentes en cada contexto educativo, sin establecer jerarquías o clasificaciones entre las instituciones participantes (tabla 12).

Tabla 12. *Lectura comparativa por institución.*

Institución	N	Índice promedio	F/M	Nivel más frecuente	Lectura del avance
I.E. José Guillermo Castro Castro	35	55,2 %	18/17	Nivel medio (11)	Se caracteriza por una población amplia y relativamente equilibrada en términos de género. Los resultados evidencian conocimientos iniciales sobre reciclaje y manejo de residuos, aunque persisten dificultades relacionadas con la clasificación adecuada y la consolidación de prácticas ambientales consistentes.
I.E. San Lorenzo de Yaramal	34	60,9 %	22/12	Fortaleza inicial (16)	Presenta una línea base favorable, reflejada en una mayor proporción de estudiantes ubicados en niveles de desempeño inicial satisfactorio. Los resultados sugieren una apropiación más consistente de conceptos relacionados con el reciclaje y la separación de residuos, aunque aún existen oportunidades de fortalecimiento en la aplicación práctica de estos conocimientos.

Institución	N	Índice promedio	F/M	Nivel más frecuente	Lectura del avance
Colegio Cristiano Maranata	17	70,3 %	7/10	Nivel medio (9)	Registra el promedio más alto en el diagnóstico inicial; sin embargo, este resultado debe interpretarse considerando el menor tamaño de la muestra. Los hallazgos evidencian una base conceptual favorable, aunque se identifican aspectos susceptibles de fortalecimiento relacionados con la precisión en la clasificación de residuos y la consolidación de prácticas ambientales sostenibles.

Nota. Elaboración propia a partir de la matriz consolidada de EcoLab STEM.

La lectura por institución mostró tres líneas de base: Maranata alcanzó 70,3 %, San Lorenzo de Yaramal 60,9 % y José Guillermo Castro Castro 55,2 %. Estos valores corresponden al índice construido con las nueve preguntas diagnósticas. El puntaje estandarizado empleado después en la comparación entre pretest y posttest proviene de otro cálculo.

El nivel predominante tampoco fue el mismo. En San Lorenzo de Yaramal apareció con mayor frecuencia la fortaleza inicial; en José Guillermo Castro Castro y Maranata predominó

el nivel medio. Separar los grupos evitó que un promedio único ocultara tres condiciones de inicio.

La caracterización incluyó tamaño de los grupos, edades y distribución por género porque estos datos sitúan a la población participante y el acompañamiento realizado. No se utilizaron para atribuir causas al desempeño ni para explicar de forma automática las variaciones encontradas.

Pese a las diferencias de inicio, los grupos coincidían en dos fortalezas: valoración del cuidado ambiental y disposición para participar. También compartían dos necesidades prácticas: clasificar con mayor precisión y mantener la separación de residuos de forma regular.

Esta lectura por institución quedó como referencia para el análisis posterior. Los resultados de cierre se contrastaron con las condiciones iniciales de cada grupo y con lo observado durante la implementación, no solo con el promedio final.

4.2.4 Síntesis de los hallazgos diagnósticos

El diagnóstico cumplió una doble función. Permitió describir los conocimientos y prácticas iniciales y, al mismo tiempo, señaló qué contenidos y acciones debían recibir mayor atención durante EcoLab STEM.

El 74,4 % manifestó alta disposición para aprender mediante el juego. Este resultado apoyó la inclusión del memorama y de las actividades de cuerda. Sin embargo, no se trabajaron como ejercicios aislados: cada actividad se incorporó a una secuencia guiada y relacionada con el problema ambiental.

La distancia más clara del diagnóstico se ubicó entre el conocimiento declarado y la práctica. Aunque los estudiantes reconocían la importancia de separar los residuos, varios señalaron que en la casa o en la institución solo lo hacían algunas veces.

El código de colores reveló un aspecto preciso para reforzar. La caneca verde fue menos reconocida que la blanca y la negra. En respuesta, la ruta trabajó la diferencia entre orgánicos, aprovechables y no aprovechables mediante ejemplos y situaciones del entorno.

La experiencia previa en proyectos de reciclaje fue reportada por el 46,5 %. Con este punto de partida no era adecuado suponer que todos sabían distribuir funciones, organizar un proyecto o conservar evidencias de una acción ambiental.

En conjunto, la información recopilada estableció la línea base de la investigación y proporcionó elementos de referencia para comprender los resultados de las fases posteriores. Asimismo, sirvió como punto de partida para analizar los cambios evidenciados tras la implementación de la propuesta pedagógica y la aplicación de los instrumentos de evaluación definidos en el estudio.

4.3 Discusión e interpretación de los hallazgos iniciales

Para la mayoría, el reciclaje era un tema conocido por información recibida en la escuela, el hogar u otros espacios. Esa familiaridad variaba entre estudiantes y no garantizaba que el conocimiento orientara sus decisiones de todos los días.

La línea base se interpretó con dos referentes. UNESCO (2017) relaciona la educación sostenible con la comprensión de problemas y la participación en soluciones; Wilson et al.

(2013) advierten que el manejo de residuos requiere continuidad. En los tres grupos encontramos nociones e interés, pero todavía era necesario avanzar hacia decisiones y prácticas sostenidas.

El diagnóstico precisó dónde estaba parte de la dificultad. Saber en términos generales qué es reciclar no garantizaba clasificar bien un residuo. Los errores sobre el código de colores y la separación en la fuente orientaron los ejemplos y ejercicios retomados durante la implementación.

Estos hallazgos son consistentes con investigaciones recientes que advierten que las estrategias centradas exclusivamente en la transmisión de información ambiental suelen generar incrementos en el conocimiento declarativo, pero no necesariamente producen comprensiones profundas ni transformaciones sostenidas en las prácticas ambientales de los estudiantes (Mkhonto & Mnguni, 2021)

Para Kelley y Knowles (2016), las áreas STEM se integran alrededor de un problema auténtico. El manejo de residuos reunía las condiciones para ello: observar el entorno, emplear conceptos, registrar información y diseñar acciones. El diagnóstico se leyó desde esa relación y no como una suma de contenidos independientes.

La línea base definió el punto desde el cual debía avanzar la ruta. No bastaba con repetir una definición acertada. El estudiante debía llegar a justificar una clasificación, contrastar alternativas con su equipo y revisar las consecuencias de la decisión después de actuar.

Para el equipo, enseñar el color de cada recipiente era apenas una parte del proceso. La competencia se hacía visible cuando el estudiante podía identificar una situación de su institución, explicar por qué era un problema y proponer una respuesta viable con otros compañeros. Ese criterio orientó la ruta y la valoración final.

4.3.1 Concepciones previas sobre reciclaje y manejo de residuos

Las respuestas iniciales combinaron conocimiento general y problemas de aplicación. Un estudiante podía valorar el reciclaje y, al mismo tiempo, clasificar incorrectamente un material o informar que separaba residuos con poca frecuencia. Esa coexistencia permitió localizar los aspectos que necesitaban mayor acompañamiento.

UNESCO (2017) advierte que educar para la sostenibilidad supera la transmisión de información. En las tres instituciones ya había sensibilización ambiental en distintos grados. La tarea pendiente era proponer situaciones en las que los estudiantes debieran elegir, justificar y llevar a la práctica una decisión.

El diagnóstico no demuestra que aprender un concepto produzca un hábito de manera automática. Sí muestra la necesidad de ofrecer oportunidades para decidir, cometer errores, recibir retroalimentación y volver a intentar dentro de un contexto que los estudiantes reconozcan.

El enfoque STEM ofreció un contexto para usar los conocimientos. Kelley y Knowles (2016) señalan que un problema real puede llevar al estudiante a comprender un fenómeno y fundamentar su respuesta. La clasificación de residuos se abordó con esa lógica de aplicación.

A partir de estos planteamientos, puede interpretarse que uno de los principales retos identificados en la fase diagnóstica consiste en fortalecer la relación entre conocimiento y acción. Más que ampliar la cantidad de información disponible sobre reciclaje, resulta necesario generar experiencias que permitan a los estudiantes utilizar esos conocimientos para analizar situaciones ambientales, justificar decisiones y participar activamente en la construcción de alternativas de solución frente a los problemas asociados al manejo de residuos.

4.3.2 Relación entre conocimiento y práctica ambiental

Uno de los hallazgos más relevantes de la fase diagnóstica corresponde a la diferencia observada entre los conocimientos declarados por los estudiantes y las prácticas asociadas a la separación de residuos en los contextos familiar y escolar. Aunque los resultados evidencian niveles favorables de reconocimiento conceptual sobre el reciclaje y la importancia del cuidado ambiental, los porcentajes disminuyen cuando las preguntas se orientan hacia acciones concretas relacionadas con la clasificación y disposición adecuada de los residuos.

La hoja de ruta de UNESCO (2020) sitúa el aprendizaje ambiental en la vida cotidiana y no únicamente en el plano conceptual. Las respuestas iniciales sobre separación en el hogar y en el colegio hicieron visible, precisamente, la distancia entre conocimiento y práctica.

Ferronato y Torretta (2019) relacionan la gestión de residuos con conocimiento y comportamiento responsable. Los participantes valoraban el reciclaje, pero sus respuestas mostraban que la aplicación en los espacios habituales todavía carecía de constancia.

Desde la perspectiva de Kelley y Knowles (2016), una competencia se manifiesta al movilizar conocimientos, habilidades y actitudes frente a una situación. Por esta razón no se valoró solo el reconocimiento de un recipiente. También se revisó el uso de ese criterio cuando el estudiante analizaba y resolvía un problema.

Kokotsaki et al. (2016) vinculan el trabajo por proyectos con participación, colaboración y problemas significativos; Kelley y Knowles (2016) explican esa relación desde la integración STEM. En EcoLab STEM, ambos elementos se hicieron visibles cuando los equipos tuvieron que discutir una decisión y sostenerla frente a otros.

Con base en estos resultados, la necesidad formativa se definió como una relación entre conocimiento y práctica. EcoLab STEM creó momentos para observar residuos, argumentar su clasificación, diseñar acciones y volver sobre las consecuencias de lo decidido.

La brecha encontrada justificó la aplicación de la propuesta. El propósito no era volver a exponer información que muchos ya reconocían, sino acompañar el tránsito desde ese reconocimiento general hacia una solución construida, puesta en práctica y documentada.

4.3.3 Potencial de las metodologías activas para la educación ambiental

El diagnóstico encontró alta disposición hacia actividades lúdicas, colaborativas y organizadas mediante retos. Esta respuesta de los estudiantes constituía una condición favorable para proponer una experiencia activa sobre problemas ambientales del contexto. No era todavía un resultado de aprendizaje, pero sí una característica relevante para el diseño.

La preferencia por actividades dinámicas indicaba apertura a una participación diferente de la exposición tradicional. Para conservar su valor pedagógico, el juego y la colaboración debían tener un propósito, asignar roles y ofrecer momentos de retroalimentación.

Thomas (2000) asocia el ABP con desafíos auténticos, y Bybee (2013) reconoce los problemas del entorno como un contexto pertinente para STEM. En la ruta, esa participación pudo observarse al recorrer el entorno, discutir lo hallado, clasificar residuos y acordar una respuesta con el equipo.

Kelley y Knowles (2016) ayudaron a diferenciar motivación y logro. Colaborar, aplicar conocimientos y construir una respuesta abre oportunidades para movilizar capacidades STEM, pero estas deben reconocerse en decisiones y productos. El interés observado al comienzo fue una condición para trabajar, no una prueba suficiente de aprendizaje.

Kelley y Knowles (2016) estudian la integración disciplinar ante situaciones cercanas, mientras Han et al. (2015) analizan experiencias STEM-PBL. Ambos trabajos sirvieron para interpretar lo ocurrido, teniendo cuidado de no trasladar a nuestros grupos resultados obtenidos con otras poblaciones.

En las tres instituciones, los estudiantes mostraron disposición para examinar el problema y colaborar. La ruta asignó decisiones y responsabilidades a los equipos. El docente acompañó mediante orientación, retroalimentación y seguimiento del proceso.

La motivación observada en el diagnóstico tenía un uso pedagógico concreto: podía apoyar la permanencia y la apropiación de las actividades. Por eso las metodologías activas no se eligieron solamente por la literatura. También respondían a la disposición de los participantes hacia experiencias que relacionaban conocimiento, acción y reflexión sobre un problema ambiental real.

4.3.4 Pertinencia del ambiente de aprendizaje EcoLab STEM

El diagnóstico no mostró solo carencias. Reunió nociones básicas de reciclaje y valoración del cuidado ambiental, junto con dificultades para aplicar esos saberes, sostener hábitos y participar en proyectos organizados. Esta combinación justificó EcoLab STEM: había un conocimiento inicial sobre el cual trabajar y situaciones prácticas que todavía requerían respuesta.

Bybee (2013) plantea que la educación STEM moviliza conocimientos científicos, tecnológicos, matemáticos y de ingeniería ante problemas del entorno. Las dificultades de clasificación identificadas en el diagnóstico constituían una situación auténtica para poner en relación esos saberes.

Para Kelley y Knowles (2016), la integración entre disciplinas cobra mayor profundidad cuando el problema tiene importancia para el estudiante. Los residuos podían verse en salones, patios y puntos de disposición. Esto relacionaba el aprendizaje con decisiones que los grupos podían observar en su propia institución.

Para observar las capacidades en la experiencia definimos cuatro criterios: comprensión del problema, trabajo en equipo, reflexión y propuesta de mejora. Con ellos registramos manifestaciones de pensamiento crítico, colaboración y toma de decisiones, capacidades vinculadas con ambientes STEM (Kelley & Knowles, 2016; Han et al., 2015).

Aplicar una ruta común en Cesar, Nariño y Caquetá exigió separar los componentes esenciales de los que podían adaptarse. Se mantuvieron los propósitos, las instrucciones y los criterios. El acceso y el acompañamiento cambiaron cuando las condiciones de la institución lo requirieron.

El diseño se ajustó a lo encontrado en el diagnóstico: interés por participar, conocimientos desiguales y poca regularidad en la separación de residuos. Estos hallazgos orientaron las fases de EcoLab STEM y evitaron que la ruta se construyera al margen de las necesidades de los grupos.

El diagnóstico tuvo una utilidad doble. Durante la aplicación permitió orientar ajustes y acompañamiento; para el análisis dejó una referencia con la cual contrastar el postest, los productos y las reflexiones finales.

4.4 Seguimiento y sistematización de la información

La información de las tres instituciones se reunió en una matriz consolidada. Allí se integraron diagnóstico, actividades, postest y registros, sin perder el código del participante ni

la institución de origen. Esto hizo posible comparar resultados y volver, cuando era necesario, al registro original.

Además de reunir datos, la matriz permitió verificar fórmulas, ubicar registros faltantes y realizar comparaciones con trazabilidad. Los tres investigadores pudieron consultar una misma estructura y usarla para contrastar sus interpretaciones.

Con el propósito de describir la estructura general de la matriz consolidada, en la Tabla 13 se presentan las hojas que la conforman y la función que cumplen dentro del proceso de seguimiento y análisis de la información.

Tabla 13. Organización de la matriz consolidada y uso en la investigación.

Hoja	Contenido	Uso en la investigación
00_Dashboard	Resumen visual de indicadores, gráficas y estado general.	Permite lectura rápida para socialización del avance.
01_Consolidado	Base integrada de los 86 estudiantes de las tres instituciones.	Sirve como fuente principal para análisis general y comparativo.
02_PreTest	Respuestas del diagnóstico inicial en formato analizable.	Permite revisar tendencias por pregunta y por estudiante.
03_PostTest	Respuestas de cierre registradas en formato analizable.	Facilita comparación antes/después sin rehacer la matriz.
04_Diego, 05_Yamile, 06_Elkin	Información separada por responsable e institución.	Permite seguimiento local sin perder la visión general.
07_Diccionario	Criterios de lectura, variables y fórmulas.	Asegura trazabilidad y uso correcto del archivo.

Nota. Elaboración propia a partir de la matriz consolidada de EcoLab STEM.

Como se observa en la tabla 13, la matriz integra diferentes componentes orientados a la gestión de la información cuantitativa y cualitativa recopilada durante la investigación. Su estructura permite consolidar los resultados de los instrumentos aplicados, realizar seguimiento a los participantes y mantener organizados los registros generados en cada una de las instituciones educativas involucradas en el estudio.

La matriz no solo organizó datos. Sus hojas facilitaron la comparación entre instituciones, la revisión de cambios y la relación entre resultados cuantitativos y evidencias recogidas durante la aplicación.

Los formularios y soportes originales se mantuvieron como fuente primaria. La matriz no los sustituyó; los relacionó en una estructura de verificación que sirvió de base para las tablas, las gráficas y las interpretaciones de este capítulo.

4.5 Evidencias del proceso

La selección de fotografías y otros soportes respondió a lo que permitían comprobar. Se conservaron registros de las condiciones de aplicación, de la participación durante el diagnóstico y de las acciones realizadas en las tres instituciones. Al contrastarlos con cuestionarios y matrices, pudimos revisar si lo escrito guardaba relación con momentos efectivamente documentados; por eso no se trataron como imágenes decorativas.

Conservar estas evidencias evitó leer los datos fuera de contexto y dejó respaldo del procedimiento seguido en las tres instituciones.

4.5.1 Participación de los estudiantes durante la aplicación del diagnóstico

La aplicación del instrumento diagnóstico se realizó mediante recursos tecnológicos disponibles en las instituciones participantes, incluyendo computadores, dispositivos móviles y espacios de proyección para la orientación de la actividad. Los estudiantes accedieron al cuestionario dispuesto en la plataforma EcoLab STEM y desarrollaron el proceso de respuesta con el acompañamiento del equipo investigador.

Las evidencias fotográficas (Figura 16) registran diferentes momentos de la aplicación del instrumento y muestran la utilización de los recursos tecnológicos empleados para garantizar el acceso de los participantes al proceso de recolección de información.

Figura 16. Aplicación del diagnóstico mediante recursos digitales en las instituciones participantes.



Foto A: Aplicación del diagnóstico en computadores (izquierda). Foto B: Acceso al diagnóstico desde un dispositivo móvil (derecha).



Foto C: Acompañamiento mediante proyección de la plataforma EcoLab STEM.

Nota. Registros fotográficos obtenidos durante el desarrollo de las actividades diagnósticas en las instituciones participantes.

Las imágenes permiten documentar las condiciones en las que se desarrolló la actividad y los recursos utilizados para la aplicación del Pre-Test en los diferentes contextos educativos vinculados al estudio.

4.5.2 Reconocimiento de problemáticas ambientales en el entorno escolar

Como parte de la fase diagnóstica, se desarrollaron actividades orientadas a la observación y reconocimiento de situaciones relacionadas con el manejo de residuos en las instituciones educativas participantes. Estas acciones permitieron registrar elementos presentes en el entorno escolar y recopilar evidencias asociadas a las problemáticas ambientales identificadas durante el proceso.

Los registros fotográficos muestran algunos de los espacios observados por los estudiantes y los referentes utilizados para promover el reconocimiento de situaciones relacionadas con la clasificación y disposición de residuos (Figura 17).

Figura 17. Reconocimiento de problemáticas ambientales y análisis del entorno escolar.



Foto B: Contexto físico escolar asociado al acción de recolección.



Foto A: Reconocimiento de problemática ambiental y reconocimiento del entorno

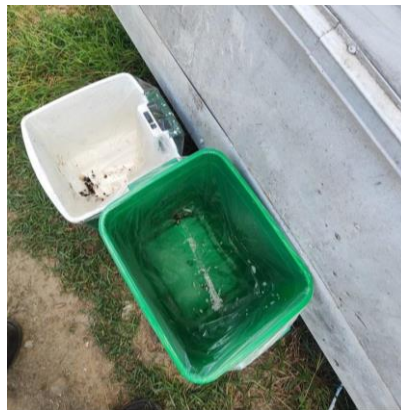


Foto C: Referente visual sobre separación y disposición de residuos.

Nota. Registros fotográficos obtenidos durante las actividades de observación y reconocimiento del entorno escolar.

Las evidencias presentadas documentan las actividades desarrolladas durante la fase diagnóstica y constituyen un soporte visual del proceso realizado en las instituciones participantes.

4.6 Implementación de EcoLab STEM

La implementación se desarrolló con 86 estudiantes de grado noveno: 35 de la I.E. José Guillermo Castro Castro, 34 de la I.E. San Lorenzo de Yaramal y 17 del Colegio Cristiano Maranata. La ruta pedagógica se estructuró en cinco fases: diagnóstico, formulación de la

propuesta, producción de evidencias, reflexión y cierre. Las tres instituciones registraron un cumplimiento del 100 % de la ruta, de acuerdo con las matrices consolidadas aportadas por los investigadores.

EcoLab STEM combinó la plataforma con formatos impresos equivalentes. Cuando la conectividad o los equipos eran limitados, las instrucciones podían continuar en papel sin cambiar los propósitos de la fase. Los docentes orientaron y retroalimentaron; los estudiantes identificaron problemas, distribuyeron funciones, desarrollaron acciones y revisaron sus propuestas. La secuencia y las evidencias se documentan en los Anexos XII, XIII y XV.

4.6.1 Resultados de las actividades interactivas

El memorama y las actividades de cuerda funcionaron como espacios de práctica y verificación inmediata, como se muestra en la Tabla 14. Cada estudiante contó con diez intentos por actividad; los aciertos y errores permitieron comparar la precisión individual y grupal (Figura 18).

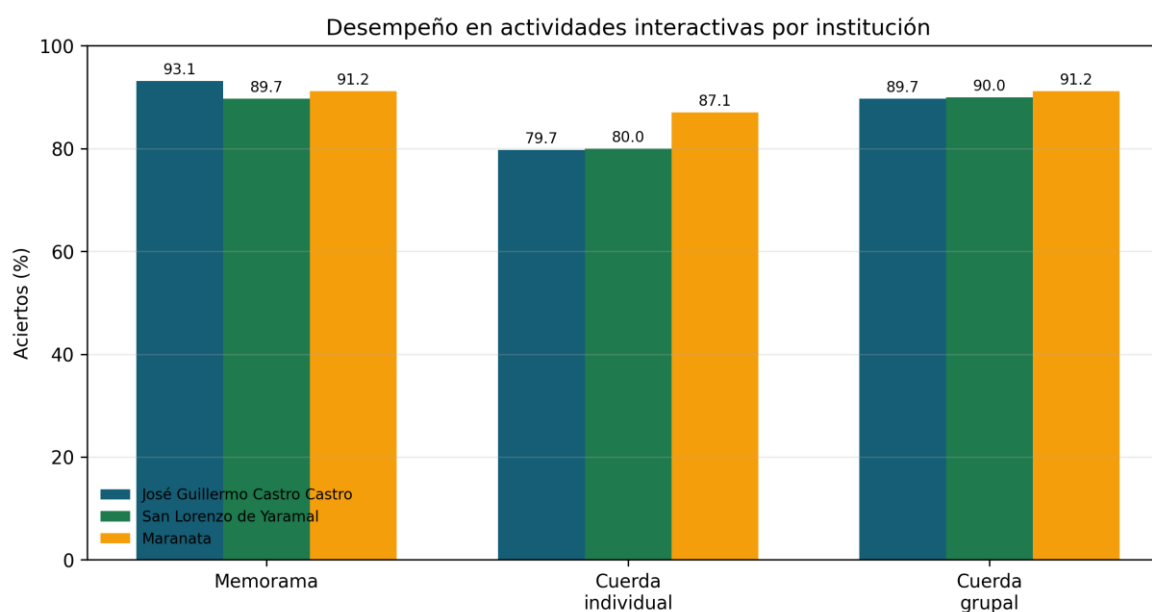
Tabla 14. Aciertos, errores y porcentaje de éxito en las actividades interactivas

Institución	Actividad	Aciertos	Errores	Intentos	Éxito (%)
José Guillermo Castro Castro	Memorama	326	24	350	93,1
José Guillermo Castro Castro	Cuerda individual	279	71	350	79,7
José Guillermo Castro Castro	Cuerda grupal	314	36	350	89,7
San Lorenzo de Yaramal	Memorama	305	35	340	89,7
San Lorenzo de Yaramal	Cuerda individual	272	68	340	80,0
San Lorenzo de Yaramal	Cuerda grupal	306	34	340	90,0
Maranata	Memorama	155	15	170	91,2

Institución	Actividad	Acier tos	Errores	Intentos	Éxito (%)
Maranata	Cuerda individual	148	22	170	87,1
Maranata	Cuerda grupal	155	15	170	91,2
Consolidado	Memorama	786	74	860	91,4
Consolidado	Cuerda individual	699	161	860	81,3
Consolidado	Cuerda grupal	775	85	860	90,1

Nota. Elaboración propia a partir de las matrices consolidadas de EcoLab STEM (2026).

Figura 18. Desempeño en las actividades interactivas por institución



Nota. Fuente: elaboración propia a partir de las matrices consolidadas EcoLab STEM (2026).

El memorama registró 91,4 % de éxito; la cuerda grupal, 90,1 %; y la cuerda individual, 81,3 %. El mejor resultado de las actividades colaborativas sugiere que el intercambio entre compañeros apoyó la revisión de decisiones y la corrección de errores. La diferencia individual señala una necesidad que permanece: fortalecer la autonomía conceptual y la justificación personal al clasificar residuos.

4.6.2 Evidencias cualitativas de la implementación

Las respuestas abiertas y los productos evidenciaron una transición desde explicaciones generales hacia formulaciones más contextualizadas (tabla 15). Los estudiantes identificaron

residuos mezclados, acumulación de plásticos, desconocimiento del código de colores, ausencia de puntos de separación y manejo inadecuado de residuos orgánicos. Las decisiones más frecuentes fueron la elaboración de carteles e infografías, la adecuación de recipientes reutilizados, la organización de jornadas de clasificación y la asignación de responsabilidades dentro del equipo.

Tabla 15. *Categorías cualitativas derivadas de las respuestas del post-test*

Categoría	Evidencia recurrente	Cambio observado	Lectura pedagógica
Identificación del problema	Mezcla de residuos, suciedad, plásticos de un solo uso y desconocimiento del código de colores.	Las respuestas explican por qué la situación afecta la limpieza, el aprovechamiento y la convivencia.	Se fortalece la delimitación del problema y la relación causa-consecuencia.
Trabajo colaborativo	Distribución de tareas, acuerdos, campañas, clasificación y diseño de soluciones.	Los estudiantes describen funciones y valoran el aporte de cada integrante.	Se evidencian capacidades de planificación, comunicación y toma de decisiones.
Cambio conceptual	Reconocimiento de que reducir y reutilizar anteceden al reciclaje y de que los materiales deben estar limpios y separados.	Se supera la idea de que reciclar consiste únicamente en recoger botellas.	El aprendizaje se conecta con decisiones cotidianas y responsabilidad compartida.
Proyección de mejora	Seguimiento semanal, inclusión de otros cursos y familias, medición de residuos y puntos permanentes.	Las propuestas incorporan continuidad, evaluación e impacto comunitario.	Se avanza de acciones aisladas a soluciones susceptibles de sostenerse y escalarse.

Nota. Categorías construidas mediante lectura comparativa de las respuestas R1-R4 de las tres instituciones.

4.7 Resultados del post-test y comparación antes-después

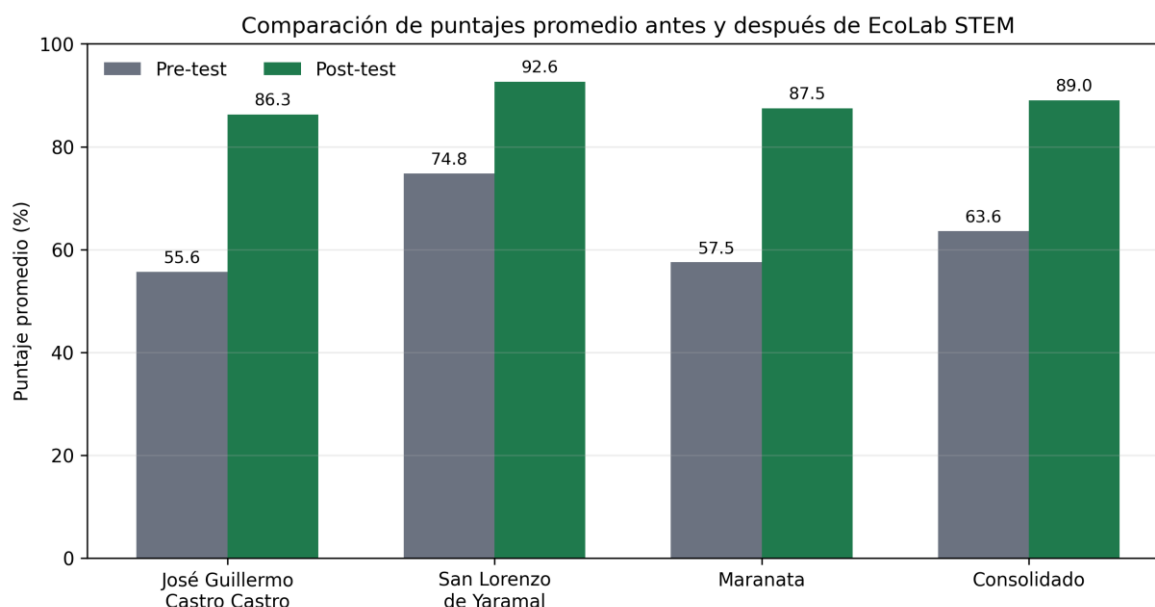
El posttest se leyó con una rúbrica común para las tres instituciones. Valoramos cuatro dimensiones: identificación y justificación del problema; decisiones y trabajo en equipo; cambio conceptual y reflexión; y propuesta de mejora (Tabla 16). Después estandarizamos los puntajes en una escala de 0 a 100 para poder compararlos entre instituciones y con la línea base utilizada en la Figura 19.

Tabla 16. Comparación global del pre-test y el post-test por institución

Institución	N	Pre-test (%)	Post-test (%)	Diferencia (p.p.)	g de Hake	Nivel
I.E. José Guillermo Castro Castro	35	55,6	86,3	30,7	0,69	Media
I.E. San Lorenzo de Yaramal	34	74,8	92,6	17,9	0,71	Alta
Colegio Cristiano Maranata	17	57,5	87,5	30,0	0,71	Alta
Consolidado	86	63,6	89,0	25,5	0,70	Media-alta

Nota. Elaboración propia a partir de las matrices consolidadas de EcoLab STEM (2026).

Figura 19. Comparación de puntajes promedio antes y después de EcoLab STEM



Nota. Fuente: elaboración propia a partir de las matrices consolidadas EcoLab STEM (2026).

El promedio del posttest superó al diagnóstico en las tres instituciones. José Guillermo Castro Castro y Maranata aumentaron cerca de 30 puntos porcentuales. San Lorenzo de Yaramal comenzó con una línea base mayor y avanzó 17,9 puntos. En el consolidado, el resultado pasó de 63,6 % a 89,0 %, una diferencia de 25,5 puntos porcentuales.

4.7.1 Resultados por criterio del post-test

El posttest se valoró mediante cuatro criterios comunes: comprensión del problema (R1), trabajo en equipo (R2), reflexión sobre el aprendizaje (R3) y propuesta de mejora (R4). La Tabla 17

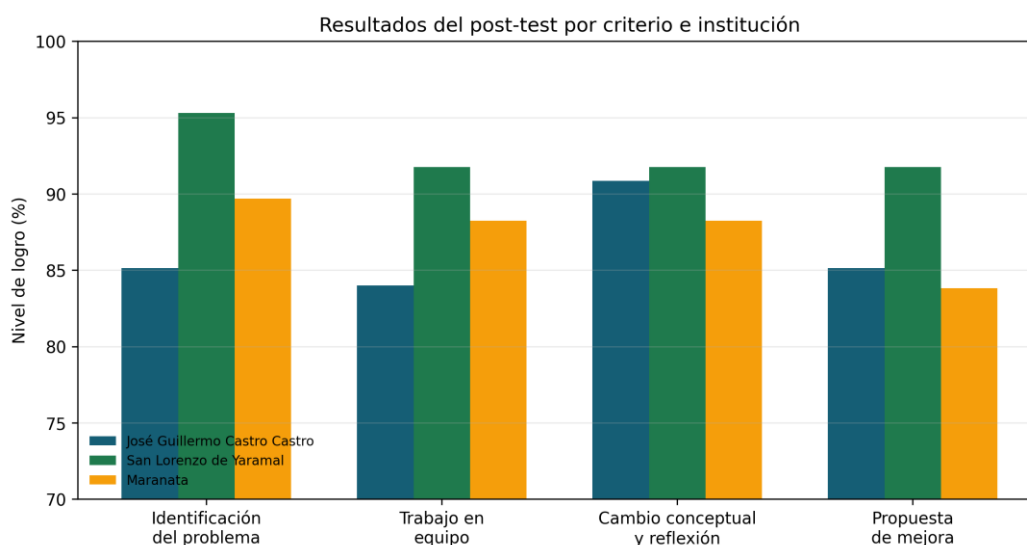
presenta los resultados por institución y el consolidado, lo que permite reconocer coincidencias y diferencias sin reducir el análisis al promedio general.

Tabla 17. Nivel de logro por criterio e institución

Institución	R1 Problema (%)	R2 Equipo (%)	R3 Reflexión (%)	R4 Mejora (%)
José Guillermo Castro Castro	85,1	84,0	90,9	85,1
San Lorenzo de Yaramal	95,3	91,8	91,8	91,8
Maranata	89,7	88,2	88,2	83,8
Consolidado	90,1	87,9	90,7	87,5

Nota. Elaboración propia a partir de las matrices consolidadas de EcoLab STEM (2026).

Figura 20. Resultados del post-test por criterio e institución



Nota. Fuente: elaboración propia a partir de las matrices consolidadas EcoLab STEM (2026).

Como se observa en la figura 20 los criterios con mayor logro consolidado fueron el cambio conceptual y la reflexión (90,7 %) y la identificación del problema (90,1 %). El trabajo en equipo alcanzó 87,9 % y las propuestas de mejora 87,5 %. Aunque todos los criterios se ubicaron en niveles altos, la formulación de acciones sostenibles y medibles requiere continuidad para que los proyectos trasciendan la actividad puntual.

4.7.2 Síntesis integradora de los resultados obtenidos

La síntesis exigió volver a información presentada por separado: caracterización, Pre-Test y Post-Test, actividades interactivas, propuestas, evidencias y reflexiones de cierre. Ninguna de estas fuentes bastaba para explicar la experiencia. La contribución de EcoLab STEM se discutió a partir de sus coincidencias, diferencias y relaciones.

La línea base ofrecía apoyos y alertas. Había nociones generales de reciclaje, valoración del ambiente e interés por participar; a la vez, la clasificación práctica y la toma de decisiones requerían acompañamiento. Esta lectura doble orientó la interpretación de lo ocurrido después.

Desde el inicio quedaron definidos tres retos: clasificar con mayor precisión, sostener la separación y aprender a trabajar en un proyecto con funciones, registros y seguimiento. La ruta permitió relacionar lo que se sabía, la decisión adoptada y la revisión de sus resultados una vez realizada la acción.

Resolver problemas no podía reducirse al número de respuestas correctas. Revisamos también si los estudiantes delimitaban la situación, comparaban alternativas, acordaban una acción y explicaban lo aprendido después de realizarla. Así relacionamos los datos con las evidencias.

En este contexto, los hallazgos obtenidos respaldan la pertinencia del ambiente de aprendizaje EcoLab STEM como estrategia pedagógica para abordar las necesidades identificadas durante la fase diagnóstica. La propuesta ofrece un escenario propicio para integrar conocimientos, habilidades y actitudes mediante actividades basadas en la exploración, el trabajo colaborativo y la resolución de problemas ambientales contextualizados.

Finalmente, la información recopilada durante esta fase constituyó la línea base para analizar los cambios evidenciados durante la implementación del ambiente de aprendizaje y valorar su contribución al fortalecimiento de la competencia de resolución de problemas y al desarrollo de prácticas ambientales más conscientes y responsables en los estudiantes participantes.

4.8 Ganancia normalizada como indicador complementario

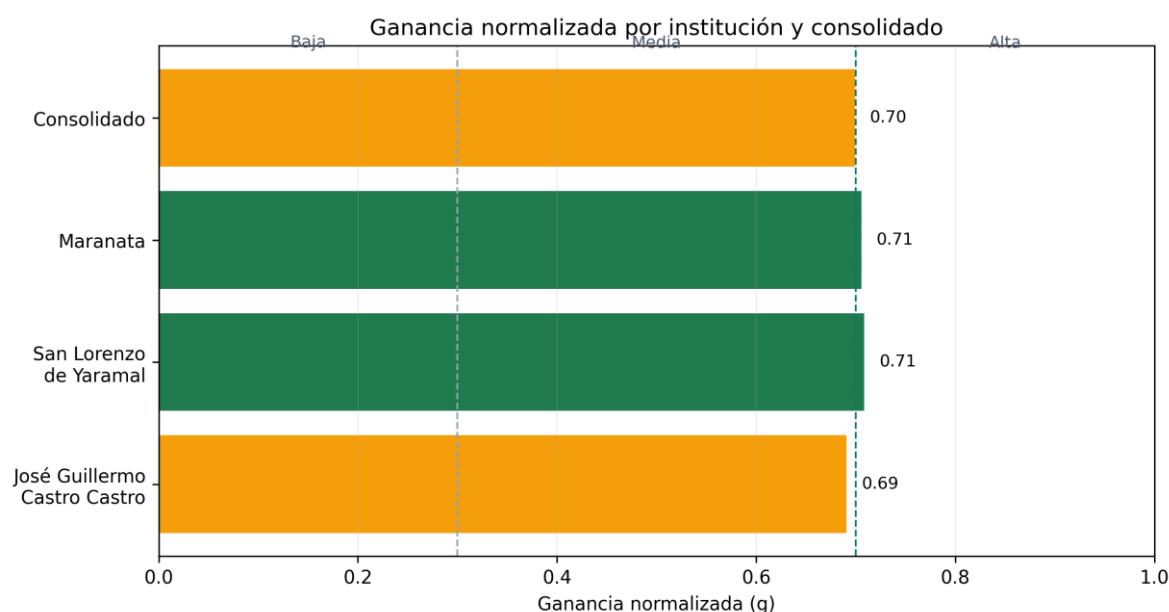
Al comparar el pretest y el posttest, el equipo utilizó la ganancia normalizada de Hake como un apoyo descriptivo para dimensionar el cambio, sin convertirla en la única lectura del proceso.

La expresión aplicada fue:

$$g = \frac{(\% \text{ post-test} - \% \text{ pre-test})}{(100 - \% \text{ pre-test})}$$

Los resultados se leyeron con los rangos de Hake (1998): baja cuando $g < 0,30$; media para $0,30 \leq g < 0,70$; y alta cuando $g \geq 0,70$. En este estudio esa clasificación exigía cautela. El diagnóstico reunió preguntas cerradas sobre conocimientos, prácticas y disposiciones, mientras el posttest empleó respuestas abiertas valoradas con rúbrica. Por eso calculamos el índice sobre puntajes globales estandarizados y lo contrastamos con las evidencias cualitativas; no lo asumimos como prueba de equivalencia psicométrica entre los ítems.

Figura 21. Ganancia normalizada por institución y consolidado



Nota. Fuente: elaboración propia a partir de las matrices consolidadas EcoLab STEM (2026).

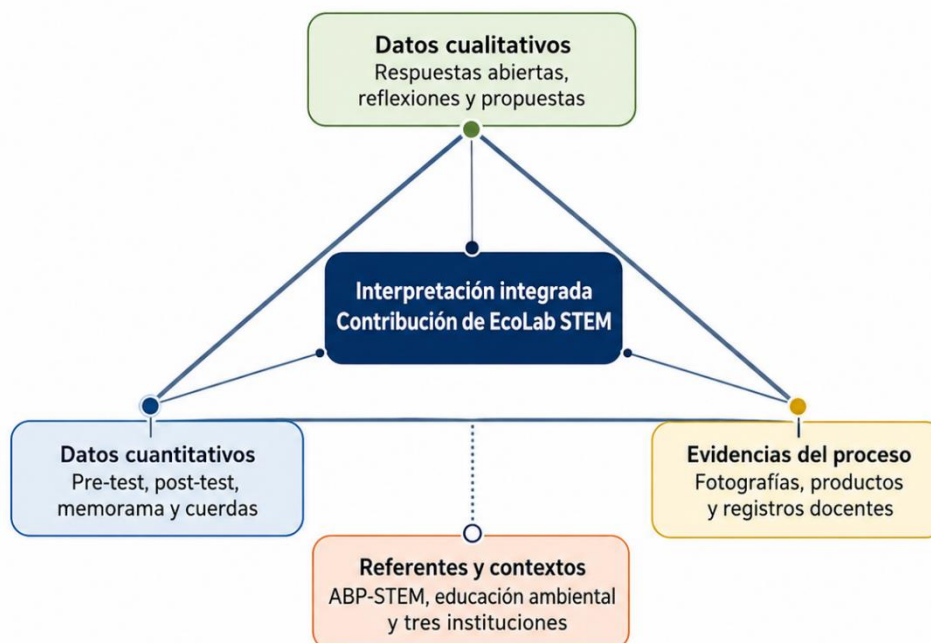
La Figura 21 muestra ganancias normalizadas de 0,71 para San Lorenzo de Yaramal y el Colegio Cristiano Maranata, y de 0,69 para José Guillermo Castro Castro. El consolidado fue 0,70. Este valor se encuentra en el punto de transición entre ganancia media y alta; por ello se interpreta con prudencia y junto con las diferencias en las líneas base y en la estructura de los instrumentos.

4.9 Triangulación de la información

La triangulación reunió cuatro fuentes: pretest y posttest; aciertos y errores de las actividades; respuestas, reflexiones y propuestas; y evidencias del proceso. Los tres investigadores contrastaron estas fuentes con los referentes sobre ABP, STEM, resolución de problemas y educación ambiental, como se representa en la Figura 22.

Figura 22. Esquema de triangulación de la información en EcoLab STEM

Esquema de triangulación de la información



Nota. Fuente: elaboración propia a partir de las matrices consolidadas EcoLab STEM (2026).

Cuatro fuentes mostraron una dirección coincidente: el puntaje consolidado aumentó, las actividades colaborativas alcanzaron resultados altos y las respuestas de cierre fueron más elaboradas. Los valores permitieron dimensionar el cambio. Las explicaciones y demás evidencias mostraron cómo se relacionó con la distribución de roles, la discusión, la clasificación y las propuestas de continuidad.

También apareció una diferencia relevante: la cuerda individual obtuvo 81,3 %, por debajo del memorama y de la cuerda grupal. El dato sugiere que parte del desempeño se apoyó en la interacción entre compañeros y señala la necesidad de fortalecer la argumentación individual en aplicaciones futuras.

4.10 Matriz DOFA consolidada de la implementación

La Tabla 18 reúne en una sola matriz DOFA los factores observados en las tres instituciones. Se eligió una matriz consolidada para reconocer patrones comunes, conservar particularidades territoriales y convertir los hallazgos en acciones de continuidad.

Tabla 18. *Matriz DOFA consolidada del ambiente de aprendizaje EcoLab STEM*

Matriz DOFA	Fortalezas (F)	Debilidades (D)
Oportunidades (O)	F1. Implementación en tres territorios. F2. Plataforma y formatos impresos equivalentes. F3. Ruta F1-F5 completada por los 86 estudiantes. F4. Alto desempeño en actividades colaborativas. F5. Problemas ambientales auténticos y cercanos. Estrategias FO: articular EcoLab STEM con PRAE y proyectos institucionales; ampliar a otros grados; usar los resultados para formación docente y redes de intercambio.	D1. Conectividad y equipos desiguales. D2. Diferencias en líneas base y formas de aplicación. D3. Menor desempeño en la actividad individual. D4. Tiempo limitado para seguimiento longitudinal. D5. Cobertura fotográfica y documental desigual. Estrategias DO: fortalecer versiones offline e impresas; establecer una rúbrica común; planear mediciones de seguimiento; mejorar protocolos de evidencia.
Amenazas (A)	O1. Integración con educación ambiental y ODS. O2. Participación de familias, cafetería y comunidad. O3. Reutilización de la plataforma en nuevas cohortes. O4. Alianzas con programas de gestión de residuos. Estrategias FA: institucionalizar la ruta; capacitar a docentes; socializar resultados para obtener apoyo y mantener la continuidad.	A1. Fallas de conectividad y cambios de horario. A2. Escasez de recursos y mantenimiento. A3. Rotación del personal o pérdida de liderazgo. A4. Retorno a prácticas tradicionales sin seguimiento. A5. Pérdida de hábitos si la estrategia se aplica una sola vez. Estrategias DA: definir responsables, cronograma y respaldo de datos; usar materiales de bajo costo; incluir seguimiento trimestral y compromisos institucionales.

Nota. Elaboración propia a partir de las matrices consolidadas de EcoLab STEM (2026).

4.11 Discusión integrada de resultados

El contraste entre el inicio y los productos finales mostró una lectura más amplia del problema. En las respuestas de cierre aparecieron causas, responsabilidades y acciones de

seguimiento, no solo el color de los recipientes. Esto evidencia un uso más activo del conocimiento frente a una situación del entorno.

Otro resultado se observó al comparar el desempeño individual con el colaborativo. Las actividades de equipo alcanzaron mejores resultados y dejaron evidencia de diálogo, distribución de funciones y decisiones compartidas. Carteles, campañas, puntos de separación y reutilización de materiales conectaron contenidos STEM, colaboración y acción ambiental.

Las instituciones no recorrieron el proceso de la misma forma. Partieron de líneas de base distintas y presentaron variaciones de participación y acompañamiento. Por esta razón evitamos ordenar los colegios en una clasificación final; cada resultado se interpretó con su punto de partida y con las evidencias del proceso.

La combinación de medios digitales e impresos respondió a lo ocurrido en el campo. La plataforma organizó la ruta y apoyó el registro; cuando la conectividad no estuvo disponible, los formatos impresos permitieron continuar. Cambió el medio de acceso, pero se conservaron el propósito, las instrucciones y los criterios.

En conjunto, las fuentes respaldan una contribución favorable de EcoLab STEM durante el periodo estudiado. El alcance debe mantenerse en ese marco temporal: los datos no permiten afirmar que los hábitos continuarán a largo plazo. Comprobarlo exigiría seguimiento posterior y continuidad de las acciones en cada institución.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES, APORTES Y RECOMENDACIONES

Este capítulo sintetiza los principales alcances del estudio en relación con el objetivo general y los objetivos específicos, y presenta los aportes, limitaciones y recomendaciones derivadas de la implementación de EcoLab STEM en tres instituciones educativas colombianas.

5.1 Conclusiones asociadas al diagnóstico

El diagnóstico mostró que los 86 estudiantes no partían del mismo nivel. El puntaje consolidado usado para la comparación pretest–postest fue 63,6 %, mientras que el índice descriptivo de las nueve preguntas fue 60,5 %. En ambos análisis aparecieron fortalezas en la valoración del ambiente y el interés por aprender, junto con necesidades en la clasificación práctica, la separación cotidiana y la experiencia previa en proyectos. Con esta caracterización se cumplió el primer objetivo específico.

5.2 Conclusiones asociadas al diseño e implementación

EcoLab STEM integró ABP, cinco fases de trabajo y recursos digitales e impresos. Los 86 participantes completaron la ruta. El memorama alcanzó 91,4 % de éxito y la cuerda grupal 90,1 %; la alternativa impresa permitió conservar las instrucciones cuando la conectividad era limitada. Estos resultados muestran el cumplimiento del segundo objetivo específico mediante una propuesta viable para las tres instituciones.

5.3 Conclusiones asociadas a los cambios observados

En la escala empleada para el contraste, el promedio consolidado pasó de 63,6 % en el pretest a 89,0 % en el postest; la diferencia fue de 25,5 puntos porcentuales. La lectura no se apoyó únicamente en este aumento. Las respuestas de cierre mostraron una comprensión más amplia del problema, revisión de hábitos, colaboración y formulación de mejoras.

La ganancia normalizada consolidada se aproximó a 0,70, justamente en el límite entre las categorías media y alta. Para responder al tercer objetivo específico, este indicador se leyó junto con las evidencias cuantitativas y cualitativas obtenidas antes, durante y después de la aplicación.

5.4 Conclusión general

Frente a la pregunta de investigación, el conjunto de datos respalda una contribución favorable del ambiente STEM basado en proyectos. Esta contribución se reconoció cuando los estudiantes identificaron situaciones relacionadas con los residuos, explicaron efectos, discutieron decisiones, aplicaron criterios de clasificación y formularon acciones para continuar. EcoLab STEM relacionó tres componentes que antes aparecían separados: conocimiento, acción y revisión de lo realizado.

5.5 Aportes de la investigación

Entre los productos de la investigación queda una ruta reutilizable que relaciona ABP, educación ambiental, actividades interactivas, matrices de seguimiento y una plataforma con formatos impresos equivalentes. Los instrumentos y criterios pueden articularse con el PRAE de las instituciones. La experiencia en Cesar, Nariño y Caquetá mostró que el acceso puede ajustarse sin modificar el propósito ni los criterios centrales.

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible se trabajaron a la escala de una situación cotidiana: observar los residuos de la institución, comprender el problema, escoger una respuesta y actuar. Desde ese ámbito escolar, EcoLab STEM se relaciona con educación de calidad, comunidades sostenibles, producción y consumo responsables, y acción por el clima.

El equipo investigador también tuvo que aprender durante el proceso. Planear una experiencia STEM, acompañar el trabajo colaborativo, aplicar rúbricas e integrar información de tres instituciones exigió acuerdos y seguimiento. La conectividad desigual añadió una

decisión que conviene mantener en futuras adaptaciones: cada fase necesita una alternativa impresa.

5.6 Limitaciones

La conectividad desigual, la disponibilidad de equipos, el tiempo de aplicación y la falta de seguimiento longitudinal limitaron la experiencia. Se añade una precaución metodológica: el pretest utilizó preguntas cerradas y el posttest respuestas abiertas valoradas con rúbrica. Por esta razón, la ganancia de Hake se interpretó como un indicador descriptivo, contrastado con formularios, fotografías y registros, y no como una prueba psicométrica definitiva.

Las tres instituciones fueron seleccionadas de manera intencional, por lo que los resultados no pueden generalizarse estadísticamente a todos los estudiantes del país. La descripción de los contextos y el empleo de instrumentos comunes sí aportan elementos para valorar la transferencia de la ruta a escenarios semejantes.

5.7 Recomendaciones y líneas futuras

Una aplicación futura debería ampliar la duración de EcoLab STEM e incluir observaciones a los tres y seis meses. Ese seguimiento podría registrar reducción, separación y aprovechamiento de residuos. También convendría incorporar a familias, cafeterías, personal de servicios generales y actores del territorio para examinar la continuidad de las acciones.

Quedan abiertas varias posibilidades de investigación. Nuevas cohortes permitirían revisar la estabilidad de los resultados y, cuando las condiciones éticas e institucionales lo permitan, podrían incorporarse grupos de contraste. También se necesitan instrumentos pre y post con mayor equivalencia. Dos asuntos merecen estudio específico: la relación entre desempeño individual y colaborativo, y la accesibilidad de la plataforma en contextos rurales o con baja conectividad.

La conclusión pedagógica del equipo surgió al relacionar los distintos momentos de la ruta. La educación ambiental cobró mayor sentido cuando el estudiante reconoció un problema, discutió una decisión y examinó lo ocurrido después de actuar; recibir información sobre reciclaje no generaba, por sí solo, ese recorrido. Esta interpretación es coherente con UNESCO (2020), que vincula la comprensión de los desafíos ambientales con la acción responsable.

La articulación de las áreas STEM apareció en las tareas del proyecto. El problema de los residuos exigió comprender la situación, registrar datos, diseñar una respuesta y comparar resultados con el equipo. Esta manera de integrar saberes coincide con Kelley y Knowles (2016) y explica por qué las actividades no se organizaron de forma independiente por asignatura.

La secuencia conserva los rasgos del ABP descritos por Thomas (2000): nace de un problema real, conduce a productos con propósito y asigna al estudiante un papel activo. En EcoLab STEM, el recorrido comenzó con el diagnóstico del manejo de residuos y cerró cuando los equipos revisaron sus acciones y formularon mejoras.

EcoLab STEM se entiende como una propuesta abierta a la continuidad y no como una intervención cerrada. Mantenerla requiere seguimiento institucional, participación de otros actores y nuevas mediciones de prácticas y aprendizajes. Durante esta experiencia, los estudiantes analizaron un desafío ambiental cercano y participaron en la construcción de una respuesta crítica y responsable.

REFERENCIAS

- Bergmark, U. (2023). Teachers' professional learning when building a research-based education: Context-specific, collaborative and teacher-driven professional development. *Professional Development in Education*, 49(2), 210–224. <https://doi.org/10.1080/19415257.2020.1827011>
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. NSTA Press.
- Castro Castellanos, F. R., & Rodríguez Romero, L. A. (2023). STEM para el desarrollo de competencias transversales. *Revista Colombiana de Computación*, 24(1), 52–74. <https://doi.org/10.29375/25392115.4578>
- Chen, C.-H., & Yang, Y.-C. (2019). Revisiting the effects of project-based learning on students' academic achievement: A meta-analysis investigating moderators. *Educational Research Review*, 26, 71–81. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2018.11.001>
- Condliffe, B. (2017). *Project-based learning: A literature review (Working Paper)*. MDRC. <https://www.mdrc.org/work/publications/project-based-learning>
- Congreso de la República de Colombia. (1994). Ley 115 de 1994, por la cual se expide la Ley General de Educación.
- Congreso de la República de Colombia. (2012). Ley 1549 de 2012, por medio de la cual se fortalece la institucionalización de la política nacional de educación ambiental y su incorporación efectiva en el desarrollo territorial.
- Congreso de la República de Colombia. (2012). Ley 1581 de 2012, por la cual se dictan disposiciones generales para la protección de datos personales.
- Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2024). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (5th ed.). SAGE.
- Darling-Hammond, L., Flook, L., Cook-Harvey, C., Barron, B., & Osher, D. (2020). Implications for educational practice of the science of learning and development. *Applied*

Developmental Science, 24(2), 97–140.

<https://doi.org/10.1080/10888691.2018.1537791>

Departamento Nacional de Planeación. (2016). Documento CONPES 3874: Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos. Gobierno de Colombia.

Fernández Morilla, M., & Redondo Lorente, N. (2024). Propuesta pedagógica para el desarrollo de competencias STEAM y de sostenibilidad en niños de Educación Infantil. *European Public & Social Innovation Review*, 9, 1–17. <https://doi.org/10.31637/epsir-2024-1098>

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. <https://doi.org/10.3390/ijerph16061060>

Flick, U. (2018). *An introduction to qualitative research* (6th ed.). SAGE.

Fraser, B. J. (2014). Classroom learning environments: Historical and contemporary perspectives. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Eds.), *Handbook of research on science education* (Vol. II, pp. 104–117). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203097267-8>

Guo, P., Saab, N., Post, L. S., & Admiraal, W. (2020). A review of project-based learning in higher education: Student outcomes and measures. *International Journal of Educational Research*, 102, 101586. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2020.101586>

Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74. <https://doi.org/10.1119/1.18809>

Han, S., Capraro, R., & Capraro, M. M. (2015). How science, technology, engineering, and mathematics (STEM) project-based learning (PBL) affects high, middle, and low achievers differently: The impact of student factors on achievement. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13, 1089–1113. <https://doi.org/10.1007/s10763-014-9526-0>

- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3, 11. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Kokotsaki, D., Menzies, V., & Wiggins, A. (2016). Project-based learning: A review of the literature. *Improving Schools*, 19(3), 267–277. <https://doi.org/10.1177/1365480216659733>
- Kwon, H., & Lee, Y. (2025). A meta-analysis of STEM project-based learning on creativity. *STEM Education*, 5(2), 275–290. <https://doi.org/10.3934/steme.2025014>
- Li, Y., Wang, K., Xiao, Y., & Froyd, J. E. (2020). Research and trends in STEM education: A systematic review of journal publications. *International Journal of STEM Education*, 7, 11. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00207-6>
- Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (1985). *Naturalistic inquiry*. SAGE.
- Margot, K. C., & Kettler, T. (2019). Teachers' perception of STEM integration and education: A systematic literature review. *International Journal of STEM Education*, 6, 2. <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0151-2>
- Marín-Ríos, A., Cano-Villa, J., & Mazo-Castañeda, A. (2023). Apropiación de la educación STEM/STEAM en Colombia: Una revisión a la producción de trabajos de grado. *Revista Científica*, 47(2), 55–70. <https://doi.org/10.14483/23448350.20473>
- Martínez, A. G. (2019). *Toda Colombia*. <https://www.todacolombia.com/>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2019). Resolución 2184 de 2019, por la cual se modifica la Resolución 668 de 2016 sobre el uso racional de bolsas plásticas y se adoptan otras disposiciones. Gobierno de Colombia.
- Ministerio de Educación Nacional. (2023). *Escuelas STEM+: innovación educativa para transformar los territorios*. Gobierno de Colombia. <https://www.mineducacion.gov.co/portal/salaprensa/Comunicados/417256/>
- Ministerio de Educación Nacional, Organización de Estados Iberoamericanos, & Parque Explora. (2022). *Visión STEM+: Educación expandida para la vida*. Colombia Aprende.

https://www.colombiaaprende.edu.co/sites/default/files/files_public/2022-08/Documento%20Visio%CC%81n%20STEM%2B.pdf

Ministerio de Salud de la República de Colombia. (1993). Resolución 8430 de 1993, por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2015). Decreto 1077 de 2015, por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio. Gobierno de Colombia.

Mkhonto, B., & Mnguni, L. (2021). The impact of a rural school-based solid waste management project on learners' perceptions, attitudes and understanding of recycling. *Recycling*, 6(4), 71. <https://doi.org/10.3390/recycling6040071>

Molina Isaza, J. A. (2023). Aportes de la educación STEM a la enseñanza de las ciencias en Colombia. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(3), 1520–1528. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i3.6292

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2019). OECD Learning Compass 2030: A series of concept notes. OECD Future of Education and Skills 2030. <https://www.oecd.org/en/data/tools/oecd-learning-compass-2030.html>

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2023). PISA 2022 results (Volume I): The state of learning and equity in education. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>

Patiño-Cuervo, D., Pineda-Caro, D. Y., Torres-Torres, A. M., & Pulido-Cortés, O. (2022). Producción científica sobre educación STEM en Latinoamérica: Un estudio bibliométrico. *Praxis*, 18(2), 278–304. <https://doi.org/10.21676/23897856.3787>

Perignat, E., & Katz-Buonincontro, J. (2019). STEAM in practice and research: An integrative literature review. *Thinking Skills and Creativity*, 31, 31–43. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.10.002>

- Quigley, C. F., & Herro, D. (2016). Finding the joy in the unknown: Implementation of STEAM teaching practices in middle school science and math classrooms. *Journal of Science Education and Technology*, 25, 410–426. <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9602-z>
- Rahmawati, Y., Taylor, E., Taylor, P. C., Ridwan, A., & Mardiah, A. (2022). Students' engagement in education as sustainability: Implementing an ethical dilemma-STEAM teaching model in chemistry learning. *Sustainability*, 14(6), 3554. <https://doi.org/10.3390/su14063554>
- República de Colombia. (1991). Constitución Política de Colombia. *Gaceta Constitucional* 116.
- Saldaña, J., & Omasta, M. (2021). *Qualitative research: Analyzing life* (2nd ed.). SAGE.
- Thomas, J. W. (2000). A review of research on project-based learning. Autodesk Foundation. https://www.pblworks.org/sites/default/files/2019-01/A_Review_of_Research_on_Project_Based_Learning.pdf
- UNESCO. (2005). Universal declaration on bioethics and human rights. UNESCO.
- UNESCO. (2017). Education for sustainable development goals: Learning objectives. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247444>
- UNESCO. (2020). Education for sustainable development: A roadmap. UNESCO. <https://doi.org/10.54675/YFRE1448>
- Vasconcelos, C., & Orion, N. (2021). Earth science education as a key component of education for sustainability. *Sustainability*, 13(3), 1316. <https://doi.org/10.3390/su13031316>
- Ventista, O. M., & Brown, C. (2023). Teachers' professional learning and its impact on students' learning outcomes: Findings from a systematic review. *Social Sciences & Humanities Open*, 8(1), 100565. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2023.100565>
- Wilson, D. C., Velis, C. A., & Rodic, L. (2013). Integrated sustainable waste management in developing countries. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Waste and Resource Management*, 166(2), 52–68. <https://doi.org/10.1680/warm.12.00005>

Zhang, L., & Ma, Y. (2023). A study of the impact of project-based learning on student learning effects: A meta-analysis study. *Frontiers in Psychology*, 14, 1202728.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1202728>

ANEXOS

Anexo I

Consideraciones éticas del trabajo de investigación de la Maestría en Educación STEM

La investigación integró información cuantitativa y cualitativa obtenida mediante cuestionarios, registros de observación y la plataforma EcoLab STEM. Las siguientes consideraciones éticas se definieron a partir de esos procedimientos y de las características de la población participante.

La participación estudiantil se organizó bajo la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia. Por el tipo de actividades previstas, el estudio se clasificó como investigación sin riesgo: se aplicaron cuestionarios, observaciones pedagógicas y análisis de percepciones dentro de prácticas educativas habituales. No hubo intervenciones físicas, psicológicas o sociales ni manipulación de variables que pudieran afectar a los participantes.

Al tratarse de estudiantes menores de edad, la participación requirió el consentimiento de los tutores y el asentimiento de los propios estudiantes. Los Anexos III y IV informaban propósito, riesgos, beneficios, retiro voluntario y tratamiento de la información; en las encuestas digitales, la aceptación debía quedar registrada antes de responder. La Ley 1581 de 2012 orientó la confidencialidad y la protección de datos, junto con los principios de privacidad, no discriminación y responsabilidad de la Declaración Universal sobre Bioética y Derechos Humanos (UNESCO, 2005).

Durante EcoLab STEM los estudiantes trabajaron sobre situaciones cercanas relacionadas con el manejo y la clasificación de residuos, con la intención de fortalecer su comprensión y su forma de abordar problemas mediante un ambiente de aprendizaje basado en proyectos con enfoque STEM. Para la comunidad académica, el estudio deja información que puede orientar otras estrategias de educación STEM y educación ambiental escolar. El equipo mantuvo como criterios de trabajo la transparencia en la recolección y el análisis, la presentación honesta de los resultados, la no manipulación ni falsificación de datos y el respeto por la autoría y la propiedad intelectual.

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

Ipiiales, 19 de marzo del 2026

Carta de autorización institucional

Sres.

Yamile Liliana Enríquez, Elkin Eduardo Martínez, Diego Fabián Fuentes

Estudiantes Maestría en Educación STEM

Por medio del presente documento autorizo a los investigadores Yamile Liliana Enríquez, identificada con CC 1.004.580.768; Elkin Eduardo Martínez, identificado con CC 1.007.761.238; y Diego Fabián Fuentes, identificado con CC 1.064.111.197, responsables del proyecto titulado “AMBIENTE DE APRENDIZAJE STEM BASADO EN PROYECTOS PARA FORTALECER LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS ASOCIADOS AL MANEJO Y CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS EN ESTUDIANTES DE GRADO NOVENO DE TRES INSTITUCIONES EDUCATIVAS”, correspondiente al trabajo de investigación desarrollado en el marco de la Maestría en Educación STEM del Politécnico Gran Colombiano, para aplicar los instrumentos y recolectar los datos definidos en el proyecto.

Entiendo que el objetivo principal de la investigación es evaluar la contribución de un ambiente de aprendizaje STEM basado en proyectos al fortalecimiento de la competencia de resolución de problemas relacionados con el manejo y la clasificación de residuos en estudiantes de grado noveno de tres instituciones educativas colombianas.

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 enfoque metodológico mixto, orientado a analizar la contribución de un ambiente de aprendizaje STEM basado en proyectos en el fortalecimiento de la competencia de resolución de problemas.

La población de estudio está conformada por estudiantes de grado noveno de tres instituciones educativas participantes. En una primera fase, se aplicarán instrumentos diagnósticos como cuestionarios para identificar las concepciones previas de los estudiantes frente al manejo y clasificación de residuos.

Posteriormente, se diseñará e implementará un ambiente de aprendizaje STEM basado en proyectos mediante una modalidad híbrida: la plataforma digital organizará la ruta y se dispondrá de formatos impresos equivalentes cuando la conectividad o los equipos sean limitados. Durante la implementación se recogerá información mediante cuestionarios, actividades pedagógicas y registros de participación. Finalmente, se analizarán los resultados para identificar cambios en la competencia de resolución de problemas.

Comprendo que el proyecto se clasifica como una investigación sin riesgo y que la información tendrá un manejo confidencial. Los participantes no serán identificados en los documentos o publicaciones derivadas del estudio. Autorizo la recopilación de información mediante cuestionarios estructurados, actividades pedagógicas digitales o impresas, registros de participación y preguntas abiertas orientadas a recoger las percepciones y experiencias de los estudiantes.

Ante cualquier duda o consultas respecto a la investigación puede contactar a los investigadores responsables.

Contacto de los investigadores

Yamile Liliana Enríquez, Cel: 3245638010
Elkin Eduardo Martínez, Cel: 3182218706
Diego Fabián Fuentes, Cel: 3166279380

La presente Autorización se firma en dos ejemplares. Uno de los documentos queda en poder del investigador y el otro en poder del rector de la institución. Para formalizar el permiso en este estudio, firmo a continuación.

Rector Mg. Jaime Libardo Mejía

Institución Educativa San Lorenzo de Yaramal

Anexo III. Consentimiento informado y autorización de uso de datos personales de estudiantes menores de edad

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 “AMBIENTE DE APRENDIZAJE STEM BASADO EN PROYECTOS PARA FORTALECER LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS ASOCIADOS AL MANEJO Y CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS EN ESTUDIANTES DE GRADO NOVENO DE TRES INSTITUCIONES EDUCATIVAS” 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 “AMBIENTE DE APRENDIZAJE STEM BASADO EN PROYECTOS PARA FORTALECER LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS ASOCIADOS AL MANEJO Y CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS EN ESTUDIANTES DE GRADO NOVENO DE TRES INSTITUCIONES EDUCATIVAS” que consiste en evaluar la contribución de un ambiente de aprendizaje STEM basado en proyectos al fortalecimiento de la competencia de resolución de problemas relacionados con el manejo y la clasificación de residuos en estudiantes de grado noveno de tres instituciones educativas colombianas.
3. EL PROYECTO.
4. 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.
5. 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 diagnosticar las concepciones previas de los estudiantes de grado noveno de las tres instituciones participantes en relación con el manejo y la clasificación de residuos, con el fin de orientar el diseño del ambiente de aprendizaje STEM, 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. Diagnosticar las concepciones previas de los estudiantes de grado noveno de las instituciones educativas San Lorenzo de Yaramal (Nariño), Maranata (Caquetá) y José Guillermo Castro Castro (Cesar) en relación con el manejo y la clasificación de residuos, con el fin de orientar el diseño del ambiente de aprendizaje STEM.
2. Diseñar un ambiente de aprendizaje STEM basado en proyectos orientado al manejo y la clasificación de residuos en estudiantes de grado noveno.

3. Analizar los cambios en la competencia de resolución de problemas y las percepciones de los estudiantes antes, durante y después de la implementación del ambiente de aprendizaje STEM.

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

El proyecto se desarrollará mediante un enfoque metodológico mixto, orientado al análisis de la contribución de un ambiente de aprendizaje STEM basado en proyectos en el fortalecimiento de la competencia de resolución de problemas en estudiantes de grado noveno.

En una primera fase, se realizará un diagnóstico de las concepciones previas de los estudiantes en relación con el manejo y la clasificación de residuos, mediante la aplicación de instrumentos como cuestionarios y actividades iniciales.

Posteriormente, se diseñará e implementará un ambiente de aprendizaje STEM basado en proyectos mediante una modalidad híbrida, con una plataforma digital y formatos impresos equivalentes. Los estudiantes participarán en actividades de indagación, análisis y resolución de problemas relacionados con situaciones reales de su contexto.

Durante la implementación, se realizará el seguimiento de los procesos de aprendizaje mediante la recolección de información cuantitativa y cualitativa, incluyendo instrumentos como cuestionarios, registros de participación, actividades reflexivas y registros fotográficos como evidencia del desarrollo de la actividad, los cuales serán utilizados exclusivamente con fines académicos y respetando la confidencialidad de los participantes.

Finalmente, se llevará a cabo el análisis de los resultados obtenidos antes, durante y después de la implementación del ambiente de aprendizaje, con el fin de identificar los cambios en la competencia de resolución de problemas y las percepciones de los estudiantes.

Una vez implementado el proyecto y analizados los resultados, los participantes se beneficiarán del fortalecimiento de sus competencias en resolución de problemas, así como del desarrollo de habilidades asociadas al pensamiento crítico, la sostenibilidad y el trabajo colaborativo. De igual manera, la institución educativa y los docentes se beneficiarán al contar con información relevante que permita mejorar las prácticas pedagógicas y fortalecer los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Cuarto - RESPONSABLE: EL PROYECTO está a cargo de Yamile Liliana Enríquez, Elkin Eduardo Martínez y Diego Fabián Fuentes, estudiantes de la Maestría en Educación STEM, quienes desarrollan el trabajo de investigación y son responsables de responder las inquietudes que puedan surgir durante el estudio.

Quinto - RIESGOS: EL PROYECTO no implica riesgos significativos para la integridad de los participantes. Las actividades son educativas, se realizan en el entorno escolar y utilizan recursos digitales o impresos de acuerdo con las condiciones de acceso de cada institución.

Las actividades se implementarán mediante EcoLab STEM. Los estudiantes participarán en ejercicios, cuestionarios y actividades pedagógicas sobre el manejo y la clasificación de residuos, sin abordar temas sensibles ni realizar procedimientos que puedan afectar su integridad física o emocional.

En este sentido, el estudio se clasifica como una investigación sin riesgo, porque:

- No se realizan intervenciones físicas ni experimentales sobre los participantes.
- No se manipula información sensible o de carácter personal que pueda generar afectaciones.
- Las actividades corresponden a procesos educativos propios del contexto escolar.
- Los estudiantes no manipularán residuos peligrosos ni materiales contaminados. Las actividades utilizarán materiales limpios y de uso escolar, previamente seleccionados por el equipo docente.

Los posibles riesgos se limitan al manejo de la información, los cuales serán mitigados mediante el almacenamiento seguro de los datos, el uso de accesos restringidos y la anonimización de la información recolectada.

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.

Sexto - REQUISITOS DE ELEGIBILIDAD: El PROYECTO establece los siguientes criterios de inclusión y exclusión para la participación:

Criterios de inclusión:

- Estudiantes matriculados en noveno grado en las instituciones educativas participantes.
- Estudiantes que cuenten con autorización firmada por su tutor legal mediante consentimiento informado.
- Estudiantes que otorguen su asentimiento informado para participar en el proyecto.
- Estudiantes que puedan participar mediante la alternativa digital o impresa prevista para el ambiente de aprendizaje.
- Estudiantes que participen activamente en las actividades propuestas dentro del proceso investigativo.

Criterios de exclusión:

- Estudiantes que no cuenten con el consentimiento informado firmado por su tutor legal.
- Estudiantes que no otorguen su asentimiento informado para participar en el estudio.
- Estudiantes que no participen en las actividades propuestas durante la implementación del proyecto.
- Estudiantes que, aun con las alternativas de acceso digital o impreso, no puedan participar en las actividades previstas en el estudio.

Séptimo - 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.

Adicionalmente, la información recolectada será almacenada en repositorios digitales seguros, específicamente en equipos de cómputo personales de los investigadores y en plataformas de almacenamiento en la nube con acceso restringido mediante contraseñas. Solo los investigadores tendrán acceso a estos datos, los cuales serán utilizados exclusivamente para fines académicos. La información será anonimizada mediante códigos, evitando la identificación de los participantes, y será conservada únicamente durante el tiempo necesario para el desarrollo de la investigación, garantizando su protección conforme a la normativa vigente en protección de datos personales.

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 autoriza su revelación.

Octavo - 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 los 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.

Noveno - 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:

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 2026.

Anexo IV. Asentimiento informado para estudiantes participantes

Asentimiento informado para estudiantes participantes

Proyecto de investigación: “AMBIENTE DE APRENDIZAJE STEM BASADO EN PROYECTOS PARA FORTALECER LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS ASOCIADOS AL MANEJO Y CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS EN ESTUDIANTES DE GRADO NOVENO DE TRES INSTITUCIONES EDUCATIVAS”

Hola, te invitamos a participar en un proyecto de investigación que estamos realizando como estudiantes de la Maestría en Educación STEM. Antes de que decidas si quieres participar, es importante que entiendas de qué se trata.

¿De qué trata este proyecto?

Este proyecto busca mejorar la manera en que los estudiantes resuelven problemas relacionados con el manejo y la clasificación de residuos mediante EcoLab STEM, con actividades digitales o impresas según las condiciones de su institución.

¿Qué tendrás que hacer si participas?

Si decides participar:

- Responderás algunos cuestionarios.
- Participarás en actividades digitales o impresas relacionadas con el tema.
- Podrás expresar tus ideas, opiniones y experiencias a través de medios escritos.

¿Es obligatorio participar?

No. Tu participación es totalmente voluntaria. Puedes decidir no participar o retirarte en cualquier momento, sin que esto afecte tus notas o tu relación con la institución.

¿Hay algún riesgo?

No hay riesgos importantes. Las actividades son similares a las que realizas en clase y se desarrollarán con recursos digitales o impresos, según las condiciones de tu institución.

¿Qué beneficios tienes?

Podrás:

- Aprender de una forma diferente y más dinámica.
- Mejorar tus habilidades para resolver problemas.
- Participar en actividades relacionadas con el cuidado del medio ambiente.

¿Qué pasará con tu información?

Tu información será confidencial. No se usará tu nombre en ningún informe o publicación. Los datos serán utilizados únicamente con fines académicos.

Si tienes dudas...

Puedes preguntar en cualquier momento a los investigadores o a tu profesor.

¿Aceptas participar?

He leído (o me han explicado) la información anterior y entiendo en qué consiste el proyecto.

Sé que mi participación es voluntaria y que puedo retirarme en cualquier momento.

Acepto participar en este proyecto:

Sí ____ No ____

Nombre del estudiante: _____

Firma del estudiante: _____

Fecha: _____

Anexo V. Síntesis del proceso de validación de instrumentos

La matriz de este anexo fue el control que usamos para registrar la revisión de los instrumentos en claridad, pertinencia, coherencia, suficiencia y accesibilidad. Los formularios diligenciados por cada par experto y las versiones que contienen observaciones se conservaron dentro de los anexos digitales del proyecto.

Tabla 1, Matriz de seguimiento de la validación

Instrumento	Criterio	Observación	Decisión del equipo	Evidencia del ajuste
Diagnóstico inicial	Claridad y pertinencia	Revisar redacción, instrucciones y correspondencia de opciones.	Ajustar P1-P9 y establecer una sola selección por pregunta.	Anexo VI y versión digital EcoLab STEM.
Guía de proyecto	Coherencia metodológica	Relacionar problema, decisiones, evidencias, reflexión y cierre.	Organizar la ruta en fases F1-F5.	Anexo VII.
Actividades interactivas	Suficiencia y trazabilidad	Registrar aciertos y errores de manera comparable.	Definir diez intentos por actividad y controles automáticos.	Anexo VIII y matrices institucionales.
Post-test	Coherencia con objetivos	Valorar identificación, trabajo en equipo, cambio conceptual y mejora.	Incorporar R1-R4 y rúbrica común.	Anexos IX y X.
Consideraciones éticas	Protección de participantes	Precisar consentimiento, asentimiento y anonimato.	Incluir formatos institucionales y códigos.	Anexos I-IV.

Nota. Elaboración propia. Los soportes diligenciados deben conservarse junto con la carta y la rúbrica de entrega.

Anexo VI. Diagnóstico inicial EcoLab STEM - versión imprimible



Diagnóstico inicial

EcoLab STEM - versión imprimible

Propósito. Reconocer hábitos, percepciones y saberes previos sobre el manejo y la clasificación de residuos. No corresponde a un examen de calificación. Tiempo estimado: 10 a 15 minutos. Marque una sola opción por pregunta.

Institución educativa		Fecha	
Código del estudiante		Grado / grupo	
Docente o aplicador		Modalidad	Digital / impresa

Nota. Asigne un código al participante y evite registrar nombres en la base de análisis.

P1. ¿Conoces qué es el reciclaje?

- ☐ Sí, sé muy bien qué es
- ☐ Tengo una idea básica
- ☐ No sé qué es

P2. ¿Separas los residuos en tu casa?

- ☐ Sí, siempre
- ☐ A veces
- ☐ No, nunca

P3. ¿En el colegio separan los residuos en las canecas correctas?

- ☐ Sí, siempre
- ☐ A veces
- ☐ No lo he notado
- ☐ No, nunca

P4. ¿Sabes para qué sirve la caneca blanca?

- ☐ Aprovechables: plástico, cartón, vidrio y papel limpios y secos
- ☐ Orgánicos
- ☐ No aprovechables
- ☐ No sé

P5. ¿Sabes para qué sirve la caneca negra?

- ☐ No aprovechables: servilletas, empaques sucios y residuos sanitarios
- ☐ Aprovechables
- ☐ Orgánicos
- ☐ No sé

P6. ¿Sabes para qué sirve la caneca verde?

- ☐ Orgánicos: restos de comida y residuos vegetales
- ☐ Aprovechables
- ☐ No aprovechables
- ☐ No sé

P7. ¿Te gustaría aprender a cuidar el medio ambiente jugando?

- ☐ Sí, me encantaría
- ☐ Tal vez
- ☐ No

P8. ¿Cómo consideras aprender sobre el cuidado del planeta?

- ☐ Es divertido e importante
- ☐ Es normal
- ☐ Es aburrido

P9. ¿Has participado antes en proyectos de reciclaje?

- ☐ Sí, en el colegio o comunidad
- ☐ No lo recuerdo
- ☐ No, nunca

Anexo VII. Guía del proyecto EcoLab STEM - aplicación digital o impresa



Guía del proyecto

EcoLab STEM · versión imprimible

La guía permite desarrollar la misma ruta con o sin conexión. Cuando se utilice la plataforma, las respuestas se registran en línea; en contingencia, el docente entrega este formato y posteriormente incorpora los datos a la matriz institucional.

Fase	Preguntas orientadoras	Producto esperado
F1. Diagnóstico y problematización	¿Qué situación relacionada con los residuos observamos? ¿A quién afecta? ¿Por qué debe resolverse?	Descripción del problema, evidencias y causas.
F2. Diseño de la propuesta	¿Qué podemos hacer? ¿Qué materiales necesitamos? ¿Qué funciones asumirá cada integrante?	Plan de acción, roles y recursos.
F3. Implementación y evidencias	¿Qué hicimos? ¿Qué dificultades aparecieron? ¿Qué ajustes realizamos?	Producto, campaña, punto de separación, registro o prototipo.
F4. Reflexión	¿Qué aprendimos? ¿Qué cambió en nuestras decisiones?	Reflexión individual y grupal.
F5. Cierre y socialización	¿Qué resultados logramos? ¿Qué mantendríamos y qué mejoraríamos?	Conclusión, compromiso y propuesta de continuidad.

Nota. Elaboración propia a partir de las matrices consolidadas EcoLab STEM (2026).

Nombre del equipo:

Situación ambiental seleccionada:

Objetivo de la propuesta:

Integrantes y funciones:

Descripción de la solución y materiales:

Anexo VIII. Registro de actividades interactivas y evidencias

[illegible]

Anexo IX. Post-test y reflexión final



Post-test y reflexión final

EcoLab STEM · versión imprimible

Responda con sus propias palabras a partir de la experiencia desarrollada. Las respuestas se usarán para comprender los aprendizajes, las decisiones del equipo y las oportunidades de mejora.

R1. ¿Qué situación ambiental les preocupaba y por qué era importante resolverla?

R2. ¿Qué decisiones tomaron como equipo para enfrentar el problema y cómo funcionó?

R3. ¿Qué cambió en tu manera de pensar sobre el manejo de residuos después de esta experiencia?

R4. Si pudieras repetir el proyecto, ¿qué harías diferente para lograr mayor impacto?

Anexo X. Rúbrica de valoración del post-test



Rúbrica de valoración del post-test

EcoLab STEM - versión imprimible

Criterios de valoración de R1-R4

Criterio	5 - Destacado	4 - Adecuado	3 - En desarrollo	2 - Básico	1 – Inicial
R1. Problema	Identifica, contextualiza y justifica con causas y efectos.	Identifica y justifica de forma suficiente.	Identifica con explicación parcial.	Menciona sin justificar.	No responde o no se relaciona.
R2. Equipo	Explica decisiones, roles, funcionamiento y ajustes.	Explica decisiones y participación.	Describe acciones con poco análisis.	Menciona una acción aislada.	No evidencia trabajo del equipo.
R3. Reflexión	Contrasta antes/después y aplica el aprendizaje a nuevas decisiones.	Evidencia cambio conceptual claro.	Expresa un aprendizaje general.	Presenta idea mínima o confusa.	No evidencia cambio.
R4. Mejora	Propone acción viable, medible, sostenible y de mayor alcance.	Propone mejora pertinente y viable.	Propone mejora general.	Sugiere acción poco concreta.	No formula una mejora.

ota. Elaboración propia a partir de las matrices consolidadas EcoLab STEM (2026).

ota. Elaboración propia a partir de las matrices consolidadas EcoLab STEM (2026).

Anexo XI. Relación de anexos digitales y bases de seguimiento

Este inventario reúne los archivos digitales que respaldan el documento principal. En ellos se conserva el detalle de respuestas, fórmulas, gráficas y controles de verificación. El equipo los mantuvo organizados para entregarlos junto con el informe cuando el módulo o la dirección del trabajo los requieran.

Tabla 5
Inventario de anexos digitales

Archivo	Contenido	Uso
Reporte_Seguimiento_EcoLab_Diego_Fuentes_Final_Universidad.xlsx	35 estudiantes de la I.E. José Guillermo Castro Castro.	Detalle de pre-test, post-test, actividades, grupos y gráficas.
Reporte_Seguimiento_EcoLab_Yamile_Revision_Universidad.xlsx	34 estudiantes de la I.E. San Lorenzo de Yaramal.	Detalle de respuestas, actividades y análisis por edad y género.
Reporte_Seguimiento_EcoLab_Elkin_Final_Para_Entregar.xlsx	17 estudiantes del Colegio Cristiano Maranata.	Detalle de pre-test, post-test, rúbrica y actividades.
Repositorio EcoLab STEM	Instrumentos digitales, recursos, formatos y registros.	Aplicación en línea y consulta del ambiente de aprendizaje.
Carpeta de evidencias fotográficas	Registros de aplicación, productos, contexto y socialización.	Soporte visual y trazabilidad del proceso.
Matriz_Validacion_Pares_EcoLab_STEM_Consolidada.xlsx	Síntesis de la validación, criterios y trazabilidad de los ajustes registrados.	Soporte del apartado 3.9 y del Anexo XIV.
Anexos_Imprimibles_EcoLab_STEM.docx / .pdf	Diagnóstico, propuesta, evidencias, reflexión y cierre en versión de contingencia.	Aplicación cuando no existe conexión estable.
Evidencias_Plataforma_EcoLab_STEM	Capturas de las fases, juegos, cierres y registros de logro por institución.	Soporte visual de los Anexos XII y XIII.
Base de trabajo colaborativa - Validación de pares - EcoLab STEM.xlsx	Banco de preguntas y estructura original del formulario de validación.	Trazabilidad del diseño del instrumento.

Nota. Elaboración propia a partir de las matrices consolidadas EcoLab STEM (2026).

Anexo XII. Secuencia digital y evidencias funcionales de EcoLab STEM

La plataforma organizó la experiencia en cinco fases: diagnóstico, propuesta, evidencias, reflexión y cierre. Las capturas incluidas permiten seguir la carga de archivos, las actividades interactivas, la retroalimentación y los mensajes de finalización. Para mostrar la continuidad de la ruta se seleccionaron pantallas con funciones distintas y se descartaron repeticiones.

Figura 1

Ruta digital: propuesta, evidencias, reflexión y cierre.

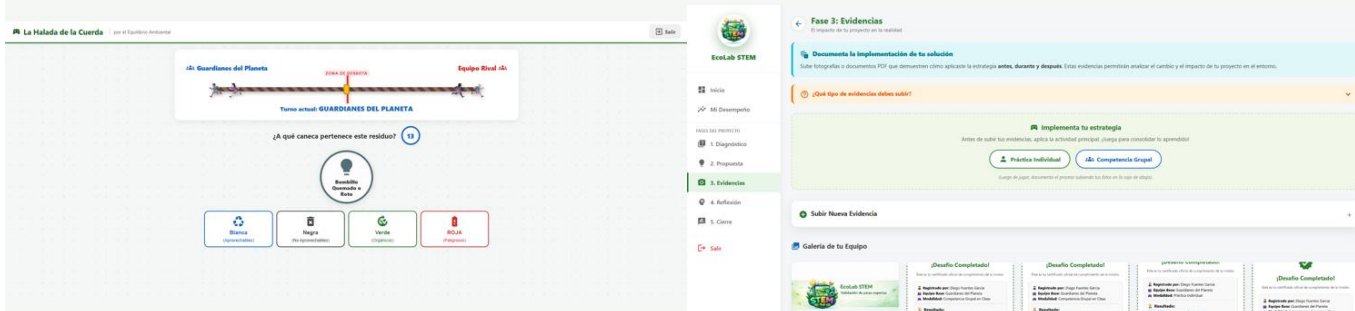


Figura 2

Actividades interactivas, galería y registros de logro.

Nota. Los certificados reproducen la apariencia del módulo e incluyen nombres de equipo e institución. Su función es ilustrar el cierre visual de la actividad; los resultados académicos verificables se encuentran en las matrices institucionales.

Evidencias funcionales y logros por institución



Competencia grupal: halada de la cuerda

Galería y práctica individual/grupal

EcoLab STEM
Registro de logro de la actividad interactiva

¡Desafío completado!

Institución: I.E. José Guillermo Castro Castro
Equipo: **Guardianes del Planeta**
Modalidad: Competencia grupal en clase

Aciertos: 5 **Errores: 0** **Tiempo: 0 min 30 s**

Registro gráfico del funcionamiento del módulo; los resultados académicos se resaltarán en las matrices institucionales.

EcoLab STEM
Registro de logro de la actividad interactiva

¡Desafío completado!

Institución: I.E. San Lorenzo de Yaramal
Equipo: **EcoGuardianes Yaramal**
Modalidad: Competencia grupal en clase

Aciertos: 8 **Errores: 1** **Tiempo: 1 min 12 s**

Registro gráfico del funcionamiento del módulo; los resultados académicos se resaltarán en las matrices institucionales.

José Guillermo Castro Castro

San Lorenzo de Yaramal

EcoLab STEM
Registro de logro de la actividad interactiva

¡Desafío completado!

Institución: I.E. Maranata
Equipo: **Sembradores Verdes**
Modalidad: Competencia grupal en clase

Aciertos: 7 **Errores: 1** **Tiempo: 1 min 04 s**

Registro gráfico del funcionamiento del módulo; los resultados académicos se resaltarán en las matrices institucionales.

EcoLab STEM

Comprender y Proponer
Fase 2: Propuesta STEM

¡Propuesta Registrada!

Tu equipo ha diseñado la solución. Puedes revisar los juegos o ver tu propuesta en el Visor. ¡Prepárate para la Fase de Evidencias!

[Volver al Inicio](#) [Ver Propuesta](#) [Ir a Evidencias](#)

Maranata

Propuesta registrada y paso a evidencias

Anexo XIII. Evidencias organizadas por institución educativa

Para revisar las evidencias de las tres instituciones sin mezclarlas, organizamos una lámina por contexto. En cada una reunimos la situación inicial, el desarrollo, la socialización o producto, el resultado y el registro de logro del módulo. Los nombres de los estudiantes se omitieron para proteger su identidad.

Institución	Responsable	N	Pre-test	Post-test	g	Equipo registrado	Tiempo registrado
I.E. José Guillermo Castro Castro	Diego Fabián Fuentes García	35	55,6 %	86,3 %	0,69	Guardianes del Planeta	0 min 30 s
I.E. San Lorenzo de Yaramal	Yamile Liliana Enríquez Rosero	34	74,8 %	92,6 %	0,71	EcoGuardianes Yaramal	1 min 12 s
Colegio Cristiano Maranata	Elkin Eduardo Martínez Correa	17	57,5 %	87,5 %	0,71	Sembradores Verdes	1 min 04 s

Tabla A.

Síntesis de los registros por institución.

Nota. Los tiempos y certificados corresponden a registros gráficos del funcionamiento de la plataforma. Los puntajes pre/post y el índice de Hake se toman de las matrices institucionales incorporadas al paquete digital.

Figura 3

Evidencias del proceso en I.E. José Guillermo Castro Castro.

Nota. Montaje elaborado con los registros aportados por el equipo investigador.

I.E. José Guillermo Castro Castro · Evidencias del proceso



Situación inicial / entorno



Desarrollo de la propuesta



Socialización o producto



Evidencia de resultado



Registro de logro del módulo



Identidad visual del ambiente

Figura 4

Evidencias del proceso en I.E. San Lorenzo de Yaramal.

Nota. Montaje elaborado con los registros aportados por el equipo investigador.

I.E. San Lorenzo de Yaramal · Evidencias del proceso



Situación inicial / entorno



Desarrollo de la propuesta



Socialización o producto



Evidencia de resultado



Registro de logro del módulo



Identidad visual del ambiente

Figura 5

Evidencias del proceso en Colegio Cristiano Maranata.

Nota. Montaje elaborado con los registros aportados por el equipo investigador.

I.E. Maranata · Evidencias del proceso



Situación inicial / entorno



Desarrollo de la propuesta



Socialización o producto

Evidencia de resultado



Registro de logro del módulo



Identidad visual del ambiente

Anexo XIV. Validación por pares expertos y trazabilidad de ajustes

Los pares revisaron quince aspectos del conjunto de instrumentos: claridad del propósito, alineación con la investigación, pertinencia para grado noveno, adecuación del lenguaje, secuencia didáctica, coherencia con el enfoque STEM, cantidad de preguntas o actividades, duración, calidad de la valoración, pertinencia de las evidencias, carga cognitiva, jerarquía visual y navegabilidad, viabilidad digital e impresa, capacidad para recoger información pertinente y valoración global.

Los tres pares emitieron concepto favorable y plantearon ajustes menores. En el informe se identifican como P1, P2 y P3 para proteger su identidad. La tabla permite seguir cada observación y la decisión adoptada por el equipo; los datos nominales y la exportación original del formulario se conservan en el expediente de la investigación.

Par	Perfil general	Concepto	Observación principal	Ajuste incorporado
P1	Evaluación de instrumentos y diseño didáctico	Aprobado con ajustes menores	Clarificar instrucciones, opciones y duración.	Reorganización de P1-P9, selección única, ayudas y tiempo estimado.
P2	Educación STEM y ABP	Aprobado con ajustes menores	Hacer visible la relación entre problema, propuesta, evidencias, reflexión y cierre.	Ruta F1-F5, rúbrica común y trazabilidad de productos.
P3	Educación ambiental, accesibilidad o mediación digital	Aprobado con ajustes menores	Garantizar viabilidad en baja conectividad y navegación clara.	Anexos imprimibles, ayudas contextuales, progreso visible y respaldo matricial.

Figura 6

Vista del consolidado de validación y conceptos reportados.

Nota. El consolidado presenta los criterios, observaciones y conceptos registrados durante la validación. Los formularios individuales y los datos nominales se conservan en el expediente digital del proyecto.

	A	B	C	D	E	F
1	VALIDACIÓN POR PARES EXPERTOS – SÍNTESIS REPORTADA					
2						
3	Código	Perfil general	Concepto reportado	Observación central	Ajuste incorporado	Estado
4	P1	Experiencia en evaluación de instrumentos y diseño didáctico	Aprobado con ajustes menores	Clarificar instrucciones, opciones y duración del diagnóstico.	Se reorganizaron P1-P9, se indicó selección única y se añadieron ayudas y tiempo estimado.	Atendido
5	P2	Experiencia en educación STEM y Aprendizaje Basado en Proyectos	Aprobado con ajustes menores	Hacer visible la relación entre problema, propuesta, evidencias, reflexión y cierre.	Se estructuró la ruta F1-F5, se fortaleció la rúbrica y la trazabilidad de productos.	Atendido
6	P3	Experiencia en educación ambiental, accesibilidad o mediación digital	Aprobado con ajustes menores	Garantizar viabilidad en baja conectividad y una navegación más clara.	Se construyeron anexos imprimibles, mensajes de orientación, progreso visible y respaldo en matrices.	Atendido
7						
8	Nota de integridad: los conceptos cualitativos y los ajustes corresponden al proceso reportado por el equipo. Esta síntesis conserva únicamente la información sustentada en los registros disponibles.					

Trazabilidad de los principales ajustes

Componente	Necesidad identificada	Ajuste final	Evidencia
Diagnóstico	Reducir ambigüedad y orientar al estudiante.	Nueve preguntas, selección única, barra de progreso y mensajes de inicio/cierre.	“Anexo 1” del registro de validación y plataforma.
Propuesta	Articular análisis, solución y colaboración.	Campos P1-P4 de la fase Propuesta, red de apoyo y carga de evidencias.	“Anexo 2” del registro de validación y fase 2.
Evidencias	Mostrar transformación antes-durante-después.	Galería, práctica individual/grupal y descripción de archivos.	Fase 3 y matrices.
Reflexión	Profundizar el cambio conceptual y la transferencia.	Campos R1-R8 de la fase Reflexión, comparación, aplicación y autoevaluación.	“Anexo 3” del registro de validación.
Cierre	Verificar cumplimiento y beneficio.	Campos C1-C3 de la fase Cierre, beneficios e insignia final.	“Anexo 4” del registro de validación.
Accesibilidad	Mantener continuidad sin conexión.	Paquete impreso equivalente y posterior transcripción.	Anexo XV.

Anexo XV. Paquete de contingencia impresa e identidad visual

La alternativa impresa se preparó con los mismos momentos esenciales de la experiencia digital: diagnóstico, propuesta, evidencias, reflexión y cierre. Su propósito fue mantener la ruta cuando no hubiera conexión estable. Después de la aplicación, las respuestas debían pasarse a la matriz correspondiente y dejar identificado el modo en que se recogieron.

Figura 7

Identidad visual principal de EcoLab STEM.



Figura 8

Banner y personaje orientador del ambiente de aprendizaje.



El archivo Anexos_Imprimibles_EcoLab_STEM.pdf reúne diez páginas listas para impresión dentro del paquete comprimido: portada, diagnóstico inicial, propuesta, registro de evidencias, reflexión, cierre y control docente de transcripción. Con este material se mantuvo una opción de acceso equivalente para los tres contextos escolares cuando la ruta digital no estuviera disponible.