



**Diseño de una guía metodológica para articular el enfoque STEM con los
Proyectos Ambientales Escolares (PRAE) de instituciones educativas en
Colombia: caso de estudio Colegio Innova Schools Zipaquirá.**

Ana María Téllez Pineda

Edith Mayerly Guasca Carabali

Alejandra Murillo Quintero

Universidad Santo Tomás
División de Ciencias Sociales y de la Educación
Colombia
2026



Diseño de una guía metodológica para articular el enfoque STEM con los Proyectos Ambientales Escolares (PRAE) de instituciones educativas en Colombia: caso de estudio Colegio Innova Schools Zipaquirá.

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:
Maestría en Educación STEM para el Desarrollo Social

Este proyecto aporta al fortalecimiento de la conciencia ambiental y el pensamiento científico en comunidades escolares, promoviendo soluciones sostenibles desde el contexto local. Es innovador porque integra el enfoque STEM con los PRAE mediante una metodología activa centrada en la resolución de problemas reales del entorno

Directora:

Xiovanna Beatriz Caballero Ariza PhD

Línea de Investigación:

Pensamiento STEM

Universidad Santo Tomás

División de Ciencias Sociales y de la Educación

Colombia

2026



Agradecimientos

Ana Maria Tellez

A Xiovanna Beatriz Caballero Ariza PhD., asesora de este proceso, por acompañar con generosidad intelectual cada etapa de esta investigación y por sostener con rigor y paciencia la construcción de un pensamiento que aún estaba aprendiendo a caminar. A Simón Maya Correa y Daniela Rodríguez Peralta, docentes que convirtieron una idea en acción concreta, que pusieron sus aulas, su tiempo y su confianza al servicio de este trabajo. A ellos, y a todos los equipos de ciencias con quienes he tenido la fortuna de trabajar, que me enseñaron, una y otra vez, que la colectividad es la herramienta más poderosa que tenemos como maestros. A Andrés Camilo Ordóñez, cuyas conversaciones siempre le dieron rumbo a mis pensamientos y encaminaron mis ideas cuando más lo necesitaba. A mis estudiantes, que le dieron una oportunidad a mi montaña y hoy, con algo de suerte, también se pertenecen. A Zipaquirá, que ha sido siempre, un territorio exigente con mis ideas y compasivo con mi lucha. Al Páramo de Guerrero, que me da todos los días una razón para enseñar, y que es para mí la prueba irrefutable de que los seres vivos son intrínsecamente capaces de conectar. A mis hermanas, que representan todo lo bueno que tengo.



Mayerly Guasca

A mis hijos, Santiago Andrés y Juan Diego Monzón Guasca, que son el motor de mi existencia y la razón por la que cada esfuerzo vale la pena. Su paciencia y amor incondicional iluminaron las horas más difíciles de este camino.

A mis padres, por ser el pilar fundamental de mi vida, por enseñarme el valor de la perseverancia y por su apoyo inquebrantable en cada sueño que he emprendido.

A nuestra asesora de proyecto, Xiovanna Beatriz Caballero Ariza, por su guía experta, su paciencia y su rigurosidad académica, que fueron esenciales para dar forma a esta investigación.

A la profesora Ana Milena Riaño Salgado, por sus valiosos aportes y su generosidad intelectual, que enriquecieron significativamente el desarrollo de este proyecto.

A mis compañeras de trabajo, Ana Téllez y Alejandra Murillo y a cada estudiante que colaboró con entusiasmo y desinterés. Este trabajo es tan suyo como mío, gracias por ser un equipo excepcional.



Alejandra Murillo

A nuestra asesora de proyecto, la profesora Xiovanna Beatriz Caballero Ariza, por su acompañamiento, dedicación y orientación académica durante el desarrollo de esta investigación. Su conocimiento, compromiso y valiosos aportes fueron fundamentales para fortalecer este proceso y hacerlo posible.

A la profesora Ana Milena Riaño Salgado, quien desde el inicio de este camino nos brindó su apoyo, motivación y guía constante, contribuyendo significativamente al desarrollo y consolidación de este proyecto.

A la compañera líder del semillero y directivos de la institución educativa participante, así como a los estudiantes vinculados al proceso, por abrir sus espacios, compartir sus experiencias y permitir la construcción colectiva de esta propuesta pedagógica.

A mi familia, por su amor incondicional, apoyo constante y palabras de ánimo en los momentos de dificultad. Gracias por creer en mí y acompañarme en cada paso hacia el cumplimiento de esta meta.

Finalmente, agradezco a todos quienes hicieron parte de este proceso investigativo enfocado en la educación STEM y el fortalecimiento de iniciativas orientadas a la transformación social y ambiental desde la escuela.

Resumen

Esta investigación presenta el diseño e implementación de un semillero STEM–PRAE denominado “Innovers por el Páramo: Guerrero, corazón del territorio”, desarrollado en Innova Schools Zipaquirá (Cundinamarca) entre marzo y mayo de 2026, con la participación de 34 estudiantes de educación básica secundaria. El estudio sigue un enfoque cualitativo de investigación-acción participativa (IAP), con diseño de ciclos reflexivos y métodos mixtos de recolección. Los instrumentos empleados incluyeron un cuestionario de percepción como línea de base ($n = 33$), bitácoras digitales de campo (S01–S07), una malla de competencias STEM-PRAE con quince indicadores distribuidos en cinco áreas (Científica, Tecnológica, Ingenieril, Matemática y Sociocomunitaria), y una herramienta de gestión del conocimiento basada en grafos de interconexión que visualizó en tiempo real las relaciones entre sesiones, estrategias pedagógicas y competencias activadas. Los resultados muestran que las áreas Científica y Sociocomunitaria concentraron la mayor densidad de activación (13 y 12 conexiones, respectivamente), mientras que los pares S–E, S–SC y E–SC co-ocurrieron en la totalidad de las sesiones ejecutadas, evidenciando integración transdisciplinar sostenida. Como producto emergente del proceso, un equipo mixto de estudiantes obtuvo el primer lugar en el concurso DesafIA la Educación (Universidad de los Andes, 2026) con una propuesta de separación de residuos orgánicos mediante inteligencia artificial. La sistematización de la experiencia produjo una guía metodológica de veinte páginas, replicable en otras instituciones de educación básica. Los hallazgos sugieren que la articulación STEM–PRAE, mediada por estrategias de indagación, diseño ingenieril y



mediación entre pares, fortalece la conciencia ambiental territorial y el desarrollo de competencias STEM en contextos escolares rurales y periurbanos de Colombia.

Palabras clave: Educación STEM, Proyecto Ambiental Escolar (PRAE), investigación-acción participativa, competencias ambientales, guía metodológica



Abstract

This research presents the design and implementation of a STEM–PRAE seedbed named “Innovers por el Páramo: Guerrero, corazón del territorio,” developed at Innova Schools Zipaquí (Cundinamarca, Colombia) between March and May 2026, with the participation of 34 secondary school students. The study follows a qualitative participatory action research (PAR) approach with reflective cycles and mixed data collection methods. Instruments included a baseline perception questionnaire ($n = 33$), digital field journals (S01–S07), a STEM-PRAE competency framework with fifteen indicators across five areas (Scientific, Technological, Engineering, Mathematical, and Sociocomunitaria), and a knowledge-management tool based on interconnection graphs that visualized in real time the relationships among sessions, pedagogical strategies, and activated competencies. Results show that the Scientific and Sociocultural areas concentrated the highest activation density (13 and 12 connections, respectively), while the S–E, S–SC, and E–SC pairs co-occurred in all executed sessions, providing empirical evidence of sustained transdisciplinary integration. As an emergent outcome, a mixed student team won first place at the Desafío la Educación competition (Universidad de los Andes, 2026) with a proposal for organic waste separation using artificial intelligence. The systematization of the experience produced a twenty-page methodological guide replicable in other primary and secondary schools. Findings suggest that STEM–PRAE articulation, mediated by inquiry-based learning, engineering design, and peer mentoring strategies, strengthens territorial environmental awareness and STEM competency development in rural and peri-urban school contexts in Colombia.



Keywords: STEM education, School Environmental Project (PRAE), participatory action research, environmental competencies, methodological guide



Tabla de contenido

Introducción	13
Justificación	18
Preliminares: Delimitación del marco de trabajo para el abordaje de la realidad	21
Contexto y objeto de estudio	21
Alcance e intencionalidad	21
Población y muestra	22
Formulación	22
Propósito y objetivos.....	23
Objetivo general	23
Objetivos específicos.....	24
Revisión del Estado del Arte.....	26
Síntesis de Brechas y Aporte del Proyecto.....	43
Marco de referencia	44
Marco contextual.....	44
Marco teórico	45
Paradigma sociocrítico y educación para la transformación social.....	46
Investigación-Acción Participativa y reflexividad del docente-investigador	48
Enfoque STEM como integración curricular	50
Educación ambiental y Proyectos Ambientales Escolares (PRAE)	53
El Diseño de semilleros STEM como estrategia educativa.....	55
Marco conceptual.....	57
Enfoque STEM.....	57
Proyectos Ambientales Escolares (PRAE).....	58
Semillero STEM-PRAE	59
Paradigma socio-crítico.....	59
Investigación-Acción	60
Reflexión y transformación pedagógica.....	60



Participación estudiantil	61
Territorio y páramo como contexto pedagógico	61
Guía metodológica emergente.....	62
Marco legal y normativo	62
Marco metodológico	66
Enfoque de Investigación	66
Paradigma y Tipo de Investigación	67
Tipo de Estudio	69
Categorías de Análisis: La Malla de Competencias STEM-PRAE	70
<i>Ejes temáticos y estrategias pedagógicas</i>	75
<i>Bitácoras de campo digitales (S01–S08).</i>	77
<i>Cuestionario "Cómo Vamos STEM-PRAE".</i>	77
<i>Malla de Competencias STEM-PRAE.</i>	77
Fases del Proyecto	79
<i>Población y Muestra</i>	84
Matriz de Interesados y Beneficiarios	85
Producto Esperado.....	86
Cronograma.....	87
Resultados y análisis de resultados	88
Conclusiones	96
Visión prospectiva del proyecto.....	99
Consideraciones éticas	102
Referencias.....	105



Tabla de figuras

Figura 1 Mapa mental de la justificación. Elaboración propia (2026).	20
Figura 2 Mapa mental de la Malla de Competencias STEM-PRAE.....	74
Figura 3 Mapeo colectivo de problemáticas del páramo de Guerrero mediante categorización participativa con tarjetas. Sesión S01, semillero Innovers, 2025.	80
Figura 4 Cartografía social participativa del territorio realizada por estudiantes del semillero. Sesión S02, 2025.	81
Figura 5 . Maqueta tridimensional del ecosistema de páramo elaborada con materiales reciclados. Sesión S03, 2025.	82
Figura 6 Sesión de laboratorio para la elaboración de lixiviados orgánicos y biomateriales. Sesión S04, 2026.	83
Figura 7 Producto bioplástico obtenido por estudiantes del semillero a partir de materiales orgánicos. Sesión S05, 2026.	84
Figura 8 Análisis de coberturas del páramo de Guerrero mediante MapBiomias. Sesión S07, 2026.	89
Figura 9 Salida de campo al páramo de Guerrero con estudiantes del semillero. Sesión S08, mayo 2026.	91
Figura 10 Estudiantes del semillero explorando Teachable Machine como herramienta de inteligencia artificial aplicada a la clasificación de residuos orgánicos.	93
Figura 11 Grafo de interconexión entre sesiones, competencias, estrategias y aliados del semillero generado como instrumento de seguimiento y análisis.....	94



Introducción

En Colombia, los Proyectos Ambientales Escolares (PRAE) se han afirmado como una estrategia reconocida para transversalizar la educación ambiental en dinámicas escolares, fomentando la participación activa de la comunidad educativa como agentes de cambio y transformación. De acuerdo con la normativa, el PRAE debe articularse con el currículo y ser liderado desde la comunidad escolar, con una perspectiva interdisciplinar y contextualizada (Henao & Sánchez, 2019). Sin embargo, en la práctica, el desarrollo de estos proyectos no suele cumplir con los anteriores objetivos. Se ha evidenciado, que muchos Proyectos Ambientales Escolares se reducen a actividades puntuales, sin seguimiento profundo ni retroalimentación de procesos, con un enfoque naturalista reduccionista, y sin una verdadera integración con el currículo de las instituciones ni con áreas diferentes a ciencias naturales (Henao & Sánchez, 2019).

Por otro lado, a nivel internacional y nacional, ha tomado fuerza la necesidad de incorporar el enfoque STEM en la educación básica y media como una vía para responder a los retos del siglo XXI. La educación STEM busca fomentar el pensamiento crítico, la resolución de problemas complejos, la creatividad, la colaboración y el uso de tecnologías, todas competencias fundamentales para que los estudiantes comprendan y actúen en el mundo de hoy (Kelley & Knowles, 2016; Bybee, 2013). Estudios como el de Blanchard et al. (2023), desarrollado en contextos rurales, muestran que los clubes STEM generan efectos positivos en la motivación, la autoestima académica y el interés por trayectorias profesionales relacionadas con estas áreas. Sin embargo, estos espacios también enfrentan obstáculos importantes. Según Davis et al. (2023), el

éxito de los clubes STEM depende de múltiples factores: gestión adecuada, diseño pedagógico centrado en el estudiante, evaluación significativa y conexión con el entorno. Pero también se identifica una gran debilidad: la falta de marcos metodológicos unificados, guías prácticas accesibles y recursos para docentes que desean liderar este tipo de proyectos.

A pesar de que tanto los PRAE como los semilleros STEM comparten un mismo espíritu transformador y una visión de aprendizaje situado e interdisciplinar, en las instituciones educativas no existe una articulación real entre ambos. El PRAE tiende a ser responsabilidad exclusiva de las ciencias naturales y se percibe como un eje separado del quehacer investigativo escolar. Por su parte, los clubes o aproximaciones pedagógicas STEM, si las hay, funcionan muchas veces como iniciativas aisladas de docentes motivados, sin conexión directa con proyectos institucionales ni con problemáticas del entorno (Henao & Sánchez, 2019; Barrero & Rojas, 2025).

Desde una perspectiva pedagógica, esta desconexión también representa una debilidad estructural: la ausencia de propuestas metodológicas claras que orienten a los docentes en la creación de proyectos integrados, pertinentes, sostenibles en el tiempo. En el caso colombiano, la educación STEM aún se encuentra en una fase inicial. Una revisión reciente de trabajos de grado sobre el enfoque STEM en universidades del país muestra que existe una apropiación parcial del concepto, escasa articulación interdisciplinar y debilidad en la formación docente inicial (Marín-Ríos, Cano-Villa & Mazo-Castañeda, 2023).



En este panorama, el presente proyecto de investigación se plantea desde una tensión educativa actual: la falta de articulación entre el enfoque STEM y las dinámicas pedagógicas del PRAE en el contexto escolar colombiano, a pesar de que ambos comparten una visión formativa situada, interdisciplinar y transformadora. Mientras el PRAE aporta un anclaje territorial, ético y comunitario, el enfoque STEM ofrece herramientas conceptuales y metodológicas para investigar, comprender y actuar sobre los problemas del entorno. Esta convergencia, sin embargo, rara vez se da en la práctica escolar, lo que representa una oportunidad desaprovechada para consolidar procesos educativos más pertinentes, integrados y coherentes con las necesidades de los estudiantes y sus comunidades (Henao & Sánchez, 2019; Marín-Ríos, Cano-Villa & Mazo-Castañeda, 2023; Genes Paternina, 2025)

A pesar del respaldo normativo del PRAE y del creciente interés por el enfoque STEM, las instituciones educativas no cuentan con orientaciones metodológicas claras que permitan a los docentes integrarlos de manera efectiva, transversal y sostenible. La fragmentación curricular, la limitada formación en enfoques interdisciplinarios y la ausencia de guías prácticas replicables constituyen obstáculos serios para el desarrollo de propuestas significativas y sostenibles. Este proyecto, por tanto, se enfoca en abordar ese vacío: diseñar una guía metodológica clara, contextualizada y replicable que permita a los docentes implementar semilleros STEM articulados al PRAE, fortaleciendo así procesos de investigación escolar que sean, al mismo tiempo, rigurosos, significativos y profundamente conectados con la realidad local.



El objeto de estudio de esta investigación es la articulación entre el enfoque STEM y el PRAE en el contexto escolar colombiano, analizada a través de la experiencia del semillero “Innovers por el Páramo: Guerrero, corazón del territorio”, implementado con 34 estudiantes representantes ambientales de grados 1° a 10° en Innova Schools Zipaquirá durante el primer semestre de 2026. A partir de siete sesiones ejecutadas (S01–S07), se buscó comprender cómo dos apuestas pedagógicas que suelen transitar por caminos separados, el trabajo ambiental situado del PRAE y las estrategias activas del enfoque STEM, pueden encontrarse en una propuesta metodológica común que potencie sus respectivos alcances y produzca evidencia empírica sobre el desarrollo de competencias en estudiantes de básica secundaria.

El enfoque metodológico se fundó en los principios de la investigación-acción participativa (IAP), entendida como una forma de producción de conocimiento en la que los participantes son agentes activos del proceso investigativo (Kemmis & McTaggart, 1988; Fals Borda, 1985; Freire, 1970). La experiencia se estructuró en cinco fases articuladas al ciclo del páramo: diagnóstico participativo (S01), exploración del territorio (S02–S03), diseño e ideación de soluciones (S04–S05), implementación y prototipado (S06), y sistematización colectiva (S07). A lo largo del proceso se aplicaron instrumentos mixtos: encuesta de percepción de línea de base ($n = 33$), bitácoras digitales de campo, una malla de competencias STEM-PRAE con quince indicadores, y una herramienta de gestión del conocimiento basada en grafos de interconexión que permitió visualizar en tiempo real las relaciones entre sesiones, estrategias pedagógicas y competencias activadas (Hmelo-Silver, 2004; Craig et al., 2021; Abu-Salih & Alotaibi, 2024).



La propuesta se implementó en Innova Schools Zipaquirá, institución educativa privada con modelo socio constructivista, ubicada en un municipio de la sabana de Bogotá cuya zona de influencia incluye el Páramo de Guerrero. Esta condición territorial constituyó el anclaje inicial del semillero: los estudiantes comenzaron por reconocer su entorno y vincularon sus problemáticas cotidianas, como el manejo de residuos y el uso del agua, con dinámicas socio ecológicas más amplias. El diseño metodológico se fue construyendo de forma emergente a lo largo del proceso, analizando su aplicabilidad y reflexionando sobre las condiciones que favorecen la articulación efectiva entre PRAE y STEM en contextos escolares reales.

Los resultados obtenidos incluyen: una guía metodológica de veinte páginas, contextualizada y replicable, que sistematiza la experiencia del semillero en orientaciones concretas para docentes de otras instituciones; evidencia empírica sobre qué competencias STEM se activan con mayor frecuencia e integración en el marco del PRAE (las áreas Científica y Sociocomunitaria concentraron la mayor densidad de activación, con 13 y 12 conexiones respectivamente); y el reconocimiento externo del proceso a través del primer lugar obtenido en el concurso desafía la Educación (Universidad de los Andes, 2026), con una propuesta de separación de residuos orgánicos mediante inteligencia artificial desarrollada por un equipo mixto del semillero.

Este trabajo demuestra que la articulación entre PRAE y STEM no solo es posible, sino pedagógicamente potente cuando se ancla en el territorio, se documenta con rigor y se construye con los propios estudiantes. Los saberes científicos, tecnológicos, sociales y ambientales no son compartimentos estancados: cuando dialogan desde una propuesta situada, producen aprendizajes



más significativos y acciones más coherentes con la realidad local. La experiencia del semillero “Innovers por el Páramo: Guerrero Corazón del Territorio” ofrece evidencia de que esa articulación puede comenzar en las aulas, con docentes que documentan su práctica y estudiantes que investigan su entorno.

Justificación

La articulación entre el enfoque STEM y los Proyectos Ambientales Escolares (PRAE) responde a una doble necesidad del sistema educativo colombiano: por un lado, la urgencia de fortalecer la educación ambiental más allá del cumplimiento normativo; por otro, la dificultad de los docentes para implementar estrategias pedagógicas activas que conecten el conocimiento científico con problemáticas reales del territorio. Los PRAE, establecidos por el Decreto 1743 de 1994, han sido históricamente abordados de forma fragmentada y con escasa participación estudiantil, lo que limita su potencial transformador (Pérez-Vásquez et al., 2021; Espinosa Rojas & Castaño Barrera, 2022). En paralelo, el enfoque STEM ha ganado reconocimiento como estrategia para desarrollar pensamiento crítico, indagación y diseño ingenieril en contextos escolares, aunque su implementación en instituciones rurales y periurbanas sigue siendo incipiente (Bybee, 2013; English, 2016; Gavari-Starkie et al., 2024; Avendano-Uribe et al., 2022).

El contexto específico de esta investigación es el municipio de Zipaquirá (Cundinamarca), ubicado en la zona de influencia del Páramo de Guerrero, uno de los ecosistemas estratégicos más amenazados de la región andina colombiana. Este territorio ofrece un anclaje pedagógico excepcional: permite a los estudiantes vincular el conocimiento científico con una realidad



ambiental cercana, significativa y urgente. Sin embargo, el diagnóstico institucional realizado en Innova Schools Zipaquirá reveló brechas importantes en la conciencia ambiental de los estudiantes: la dimensión ambiental obtuvo el promedio más bajo en la encuesta de línea de base aplicada en marzo de 2026 (3,03/5), y el ítem sobre identificación del páramo en el mapa alcanzó apenas 2,52/5, lo que evidencia una desconexión entre el territorio vivido y el territorio comprendido.

Frente a este diagnóstico, la creación del semillero “Innovers por el Páramo: Guerrero, corazón del territorio” se planteó como una estrategia de investigación-acción participativa (IAP) que integrara cinco áreas del enfoque STEM adaptadas al contexto escolar colombiano: Científica, Tecnológica, Ingeniería y Diseño, Matemática y Socio comunitaria. Esta configuración responde a la necesidad de situar el trabajo escolar en la comprensión y protección de los ecosistemas locales, recuperando la dimensión ecológica como eje articulador del currículo ambiental (Tovar-Gálvez, 2021; Galvis Riaño et al., 2019). El semillero no surgió como un proyecto de aula aislado, sino como un espacio transversal articulado al PRAE institucional, con participación de 34 estudiantes representantes ambientales de grados 1° a 10°.

La relevancia de esta investigación radica en tres aportes concretos. Primero, la sistematización de una experiencia pedagógica real con datos empíricos (bitácoras S01–S07, encuesta de percepción, grafo de competencias), que permite evidenciar qué estrategias activan efectivamente las competencias STEM en el marco del PRAE. Segundo, la producción de una guía metodológica replicable en otras instituciones de educación básica colombiana. Tercero, el

reconocimiento externo del proceso: el equipo del semillero obtuvo el primer lugar en el concurso desafia la Educación (Universidad de los Andes, 2026) con una propuesta de separación de residuos orgánicos mediante inteligencia artificial, lo que valida la pertinencia del enfoque adoptado.

Desde el punto de vista teórico, este trabajo contribuye a la discusión sobre la integración transdisciplinar en la educación básica, aportando evidencia de coocurrencia sostenida entre áreas STEM a lo largo de siete sesiones ejecutadas. Desde el punto de vista práctico, responde a la necesidad de los docentes de ciencias naturales de contar con instrumentos pedagógicos contextualizados que articulen la normativa ambiental colombiana con estrategias de indagación, diseño y mediación entre pares. Desde el punto de vista social, fortalece la identidad territorial de los estudiantes en relación con el páramo como ecosistema de vida y como referente de su proyecto educativo (Carrillo García, 2017).

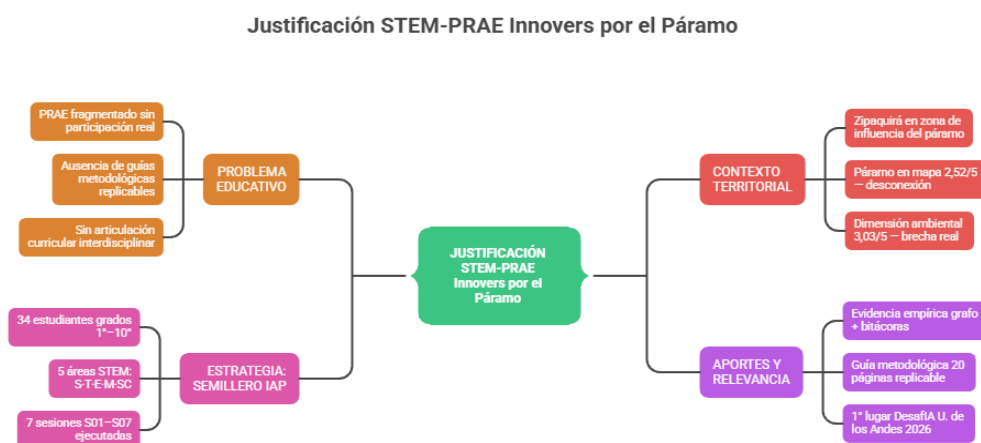


Figura 1 Mapa mental de la justificación. Elaboración propia (2026).

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

Contexto y objeto de estudio

El presente proyecto sistematiza el diseño e implementación del semillero STEM–PRAE “Innovers por el Páramo: Guerrero, corazón del territorio”, llevado a cabo en Innova Schools Zipaquirá (Cundinamarca) durante el primer semestre de 2026. El semillero surgió en el segundo semestre de 2025 a partir del reconocimiento del Páramo de Guerrero como territorio de referencia y anclaje simbólico (Serrano Giné & Galárraga Sánchez, 2015), dado que Zipaquirá se ubica en su zona de influencia directa. Este anclaje territorial permitió a los estudiantes nombrar y comprender su entorno antes de abordar problemáticas concretas: el manejo de residuos orgánicos, la pérdida de biodiversidad y la desconexión entre la vida cotidiana escolar y los ecosistemas de alta montaña que los rodean (García Cabana & Robayo Triviño, 2021). El objeto de estudio es el desarrollo de competencias STEM, en sus dimensiones Científica, Tecnológica, Ingeniería y Diseño, Matemática y Socio comunitaria, a través de estrategias pedagógicas activas integradas al PRAE institucional.

Alcance e intencionalidad

La experiencia se desarrolló en siete sesiones ejecutadas (S01–S07) entre marzo y mayo de 2026, con una octava sesión proyectada. La intencionalidad del proyecto fue doble: por un lado, implementar un semillero que fortaleciera la conciencia ambiental territorial de los estudiantes mediante la investigación situada y el diseño de soluciones (Gruenewald, 2003); por otro, sistematizar esa experiencia en una guía metodológica, replicable en otras instituciones educativas



colombianas. La guía no es un producto previo al proceso, es su destilado: emerge de lo que ocurrió en el aula, documentado con rigor y construido colectivamente con los propios estudiantes (Jara Holliday, 2019)

Población y muestra

La investigación involucró a 34 estudiantes: representantes ambientales de grados 1° a 10° y el grupo de investigación de grado décimo vinculado a una materia de investigación. La participación fue voluntaria e informada, con aval institucional. La selección respondió al criterio de pertinencia: estudiantes con vinculación activa al PRAE y disposición para liderar procesos de indagación en sus cursos. Como instrumentos de registro se emplearon una encuesta de percepción de línea de base ($n = 33$, S01), bitácoras digitales de campo (S01–S07), una malla de competencias STEM-PRAE con quince indicadores, y una herramienta de gestión del conocimiento basada en grafos de interconexión que visualizó en tiempo real las relaciones entre sesiones, estrategias y competencias activadas.

Formulación

- ¿De qué manera la implementación de un semillero STEM–PRAE, documentada mediante instrumentos de investigación-acción participativa, permite derivar orientaciones metodológicas replicables para la articulación del enfoque STEM con los Proyectos Ambientales Escolares en instituciones de educación básica colombiana?



- ¿Qué competencias STEM se activan con mayor frecuencia e integración durante las sesiones del semillero, y qué estrategias pedagógicas las promueven de manera más efectiva en el contexto del Páramo de Guerrero?
- ¿Cómo incide la participación en el semillero STEM–PRAE en la conciencia ambiental territorial de los estudiantes, medida a través de la encuesta de percepción y las evidencias cualitativas de las bitácoras?

Propósito y objetivos

Este proyecto tiene como propósito implementar y analizar un semillero STEM–PRAE como estrategia pedagógica para el fortalecimiento de la educación ambiental, a partir de un enfoque de investigación-acción participativa. A través de la experiencia del semillero "Innovers por el Páramo: Guerrero, corazón del territorio" en el Colegio Innova Schools Zipaquirá, se busca derivar orientaciones metodológicas que puedan ser replicadas en otros contextos escolares colombianos, contribuyendo a la articulación efectiva entre el enfoque STEM y los Proyectos Ambientales Escolares (PRAE).

Objetivo general

Implementar y analizar un semillero STEM–PRAE como estrategia pedagógica para el fortalecimiento de la educación ambiental en estudiantes de básica secundaria, a partir de un enfoque de investigación-acción participativa, que permita derivar orientaciones metodológicas para su replicabilidad en contextos escolares.



Objetivos específicos

1. Identificar las problemáticas ambientales, intereses y capacidades de los estudiantes en relación con el PRAE, mediante un diagnóstico participativo que permita orientar el diseño del semillero STEM.
2. Diseñar e implementar un semillero STEM–PRAE mediante estrategias pedagógicas activas (ABP, indagación y diseño ingenieril), articuladas a problemáticas ambientales del contexto escolar.
3. Aplicar instrumentos de recolección de información (bitácora digital, diarios de campo, encuestas y matrices de seguimiento) para registrar el desarrollo de las sesiones y la participación estudiantil.
4. Analizar los resultados obtenidos a partir de la implementación del semillero, identificando evidencias de desarrollo de competencias STEM, fortalecimiento de la conciencia ambiental y niveles de articulación con el PRAE.
5. Elaborar una guía metodológica basada en la sistematización de la experiencia del semillero STEM–PRAE, que incluya orientaciones, fases, instrumentos y ejemplos para su replicabilidad en otras instituciones educativas.



Objetivo específico	Contexto de impacto	Indicadores de cumplimiento	Medios de verificación
OE1. Identificar las problemáticas ambientales, intereses y capacidades de los estudiantes en relación con el PRAE, mediante un diagnóstico participativo que permita orientar el diseño del semillero STEM.	Estudiantes de grados 1°–10° del Semillero “Innovers por el Páramo”	- Encuesta de percepción aplicada a 34 estudiantes (S01)- Promedio por dimensión superior a 3/5- DP1 activado en S01	- Cuestionario “Cómo Vamos STEM-PRAE”- Bitácora S01- Mapa colectivo del páramo
OE2. Diseñar e implementar un semillero STEM-PRAE mediante estrategias pedagógicas activas (ABP, indagación y diseño ingenieril), articuladas a problemáticas ambientales del contexto escolar.	Institucional: Innova Schools Zipaquirá, 2026	- Malla STEM-PRAE diseñada (15 competencias, 3 DPRAE)- 7 sesiones ejecutadas (S01–S07)- DP1 y DP2 activados	- Malla de competencias STEM-PRAE Cronograma de sesiones- Planeaciones de clase
OE3. Aplicar instrumentos de recolección de información (bitácora digital, diarios de campo, encuestas y matrices de seguimiento) para registrar el desarrollo de las sesiones y la participación estudiantil.	Proceso investigativo: S01–S07	- 7 bitácoras completadas- Grafo de interconexión con datos S01–S07- Encuesta aplicada 34 estudiantes	- Bitácoras digitales S01–S07- Diario de campo digital (grafo)- Cuestionario “Cómo Vamos”
OE4. Analizar los resultados obtenidos a partir de la implementación del semillero, identificando evidencias de desarrollo de competencias STEM, fortalecimiento de la conciencia ambiental y niveles de articulación con el PRAE.	Académico-investigativo: USTA Maestría STEM	- Análisis de frecuencias y co-ocurrencias del grafo- Datos encuesta sistematizados- DP1, DP2, DP3 documentados	- Matriz de competencias STEM-PRAE- Encuestas digitalizadas- Informe de resultados



OE5. Elaborar una guía metodológica basada en la sistematización de la experiencia del semillero STEM-PRAE, que incluya orientaciones, fases, instrumentos y ejemplos para su replicabilidad en otras instituciones educativas.	Comunidad educativa colombiana; docentes de básica y media	- Guía metodológica de completada- Ponencia presentada en simposio- Primer lugar Desafío Educación 2026	- Guía metodológica STEM-PRAE- Contenido de la ponencia
---	--	---	---

Revisión del Estado del Arte

La presente revisión del estado del arte sintetiza el conocimiento producido en los últimos cinco años (2021–2025) en torno a las temáticas centrales del proyecto: la integración del enfoque STEM en la educación básica y media, el desarrollo y fortalecimiento de los Proyectos Ambientales Escolares (PRAE) en Colombia, la implementación de semilleros y clubes STEM como estrategia extracurricular, y el uso del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) en contextos escolares colombianos y latinoamericanos. La revisión identifica las brechas existentes y muestra de qué manera el presente proyecto las aborda mediante el diseño de una guía metodológica STEM-PRAE contextualizada y replicable. Se presentan antecedentes internacionales, nacionales, regionales y locales que, en conjunto, fundamentan la pertinencia, la novedad y el impacto esperado de esta investigación

Antecedente 1 — Internacional

Blanchard, M. R., Gutierrez, K. S., Habig, B., Appleby, R., Brown, A., & Golightly, M. (2023). Why Do Students Attend STEM Clubs, What Do They Get Out of It, and Where Are They Heading? *Education Sciences*, 13(5), 480. <https://doi.org/10.3390/educsci13050480>



Esta investigación longitudinal (tres años) examinó la participación de 376 estudiantes en clubes STEM extracurriculares culturalmente pertinentes en cuatro escuelas rurales con pocos recursos de Estados Unidos. Utilizando la Teoría de Expectativa-Valor Situado (SEVT), el estudio reveló que la motivación intrínseca (disfrute de las actividades), el valor utilitario y la identidad personal o colectiva fueron los principales factores que impulsaron la asistencia y la permanencia en los clubes. El 55% de los participantes eran afroamericanos, el 56% eran mujeres y el 42% cursaban sexto grado. Los resultados mostraron que la relevancia cultural del contenido STEM y el diseño pedagógico centrado en el estudiante generaron compromisos más sostenidos y efectos positivos en las trayectorias educativas futuras de los participantes.

Funcionalidad para el proyecto

Este antecedente es directamente aplicable al semillero STEM-PRAE del proyecto porque demuestra empíricamente que los clubes/semilleros STEM generan impactos positivos en motivación, autoestima académica e interés vocacional, especialmente cuando son culturalmente situados y pedagógicamente bien diseñados. Los hallazgos validan la pertinencia de crear el semillero "Innovers por el Páramo" con un anclaje territorial que conecte con la identidad de los estudiantes de Zipaquirá.

Antecedente 2 — Internacional

Ramos-Lizcano, C., Ángel-Uribe, I. C., López-Molina, G. y Cano-Ruiz, Y. M. (2022). Elementos centrales de experiencias educativas con enfoque STEM. Revista Científica, 45(3), 345–357. <https://doi.org/10.14483/23448350.19298>



El artículo identifica y analiza los elementos nucleares presentes en experiencias educativas STEM exitosas a partir de una revisión sistemática de literatura colombiana e internacional. Los autores concluyen que las experiencias STEM efectivas comparten cuatro características: integración auténtica de disciplinas, conexión con problemas reales del contexto, enfoque en diseño e ingeniería, y aprendizaje colaborativo. El estudio también identifica como brecha la ausencia de marcos metodológicos que guíen a los docentes en la implementación de estas experiencias, especialmente en educación básica secundaria, y la falta de articulación con proyectos institucionales como los PRAE.

Funcionalidad para el proyecto

Provee un marco conceptual sólido para identificar los componentes que debe incluir la guía metodológica del semillero STEM-PRAE: integración disciplinar real, anclaje en problemáticas del territorio (residuos y agua), enfoque en diseño-ingeniería y trabajo colaborativo estudiantil. Además, confirma la brecha que el presente proyecto busca atender.

Antecedente 3 — Internacional

Kopbossyn, A., Laiskhanov, S., Aksoy, B., Tokbergenova, A., Nametkulov, M., & Kozybakova, A. (2025). Integrated STEM for sustainability in school and early teacher education: a systematic review (2019–2025). Frontiers in Education. <https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1697058>

Esta revisión sistemática internacional analiza investigaciones publicadas entre 2019 y 2025 sobre la integración de STEM con la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS) en



escuelas y formación docente temprana. Los resultados muestran un crecimiento acelerado de publicaciones post-2020 y destacan que los enfoques basados en lugar y comunidad (place-based), los proyectos de ingeniería vinculados a contextos reales y las plataformas de ciencia ciudadana son las estrategias más efectivas para fomentar el pensamiento sistémico y la corresponsabilidad ambiental. También señala que la evidencia es aún fragmentada y que persisten brechas en la investigación sobre contextos de bajo recurso y equidad educativa.

Funcionalidad para el proyecto

Respalda con evidencia actualizada la apuesta del proyecto por articular STEM con problemáticas ambientales reales del entorno escolar. Permite situar el semillero STEM-PRAE dentro de una tendencia internacional emergente y justifica la necesidad de una guía metodológica que sistematice este tipo de integración en el contexto colombiano.

Antecedente 4 — Internacional

Avendano-Uribe, B. E., Lombana-Bermudez, A., Flórez, L. V., Chaparro, E., Hernandez-Morales, A. C., Archbold, J., Buitrago-Casas, J. C., & Porras, A. M. (2022). Engaging Scientific Diasporas in STEAM Education: The Case of Science Clubs Colombia. Frontiers in Research Metrics and Analytics, 7, 898167. <https://doi.org/10.3389/frma.2022.898167>

Este artículo documenta la experiencia de Science Clubs Colombia, una iniciativa que involucra a científicos colombianos de la diáspora para apoyar clubes de ciencia y tecnología en escuelas colombianas. El estudio muestra cómo la vinculación de mentores externos con saberes



actualizados generó mejoras en la motivación científica, el sentido de pertenencia y las competencias investigativas de los estudiantes. El modelo evidencia que las iniciativas extracurriculares estructuradas, con mentores comprometidos y contenidos contextualizados, pueden suplir las debilidades del currículo formal en materia de investigación escolar.

Funcionalidad para el proyecto

Aporta evidencia sobre la viabilidad de los semilleros científicos como estrategia extracurricular en el contexto colombiano específico, mostrando que la combinación de diseño pedagógico, mentores motivados y conexión comunitaria produce resultados positivos en competencias STEM. Esto respalda el modelo de semillero STEM-PRAE propuesto en el proyecto.

Antecedente 5 — Nacional

Ramírez Suárez, V., Acosta-Castellanos, P. M., Castro Ortegon, Y. A., & Queiruga-Dios, A. (2023). Current State of Environmental Education and Education for Sustainable Development in Primary and Secondary (K-12) Schools in Boyacá, Colombia. Sustainability, 15(13), 10139. <https://doi.org/10.3390/su151310139>

Este estudio examina el estado actual de la educación ambiental (EA) y la educación para el desarrollo sostenible (EDS) en escuelas de educación básica y media en el departamento de Boyacá, Colombia. Los hallazgos revelan que la EA se implementa con enfoques mayoritariamente naturalistas y reduccionistas, con escasa integración curricular interdisciplinar.



La mayoría de las instituciones desarrollan el PRAE como actividad aislada del quehacer pedagógico, sin conexión sistemática con otras áreas del conocimiento ni con marcos de desarrollo sostenible. Se identifican como principales obstáculos la falta de formación docente en metodologías activas, la fragmentación curricular y la ausencia de guías prácticas replicables.

Funcionalidad para el proyecto

Este estudio es de alto valor para el proyecto porque documenta con evidencia empírica la misma problemática que motiva la investigación: la implementación fragmentada y reduccionista del PRAE en instituciones educativas colombianas. Contextualiza la brecha que el proyecto busca cerrar mediante la guía metodológica STEM-PRAE y permite proyectar la aplicabilidad de los resultados más allá de Zipaquirá hacia otros contextos del país.

Antecedente 6 — Nacional

Acosta-Castellanos, P. M., Queiruga-Dios, A., & Camargo-Mariño, J. A. (2024). Environmental education for sustainable development in engineering education in Colombia. *Frontiers in Education*, 9, 1306522. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1306522>

El artículo analiza la incorporación de la educación ambiental para el desarrollo sostenible (EDS) en la ingeniería colombiana. Una de sus principales conclusiones es que Colombia muestra mayor inclinación hacia la educación ambiental tradicional que hacia la EDS orientada al desarrollo sostenible, y que esta limitación se replica en la educación básica y media. Los autores señalan que Colombia ocupa el noveno lugar entre doce países de América Latina en el logro de

los ODS, y que la ausencia de políticas claras que articulen EDS con la educación formal es uno de los factores estructurales que explica esta posición.

Funcionalidad para el proyecto

Proporciona datos contextuales sobre las debilidades de Colombia en materia de educación ambiental orientada a la sostenibilidad y justifica la urgencia de propuestas innovadoras como el semillero STEM-PRAE, que busca superar el enfoque naturalista tradicional y conectar la educación ambiental escolar con competencias científicas, tecnológicas y de acción ciudadana.

Antecedente 7 — Internacional

Siemens Stiftung. (2022). STEM Education for Innovation – Initiative in Latin America. Siemens Stiftung / Pontificia Universidad Católica de Chile. <https://www.siemens-stiftung.org/en/projects/stem-education-for-innovation/>

Esta iniciativa regional financiada por Siemens Stiftung desarrolló materiales pedagógicos digitales en STEM para docentes de todos los niveles en siete países latinoamericanos (incluyendo Colombia), enfocados en educación para el desarrollo sostenible. En 2021 se realizaron más de 100 webinars que formaron a más de 300.000 docentes. El proyecto evidenció que la formación docente continua, los recursos pedagógicos de libre acceso y las redes de colaboración entre maestros son condiciones indispensables para que el enfoque STEM arraigue en las escuelas de la región.



Funcionalidad para el proyecto

Evidencia la escala y urgencia de la necesidad de formación docente en STEM en América Latina. Para el presente proyecto, este antecedente confirma que sin herramientas metodológicas prácticas y accesibles para los docentes, la implementación del enfoque STEM seguirá siendo marginal y superficial, lo que justifica la elaboración de la guía metodológica del semillero STEM-PRAE como recurso replicable.

Antecedente 8 — Internacional

Zambrano Briones, M. A., Hernández Díaz, A., & Mendoza Bravo, K. L. (2022). El aprendizaje basado en proyectos como estrategia didáctica. Conrado, 18(84), 172–182. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442022000100172

El artículo realiza una revisión conceptual sobre el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) como metodología activa en la educación. Los autores documentan que el ABP reduce significativamente la desmotivación estudiantil, fortalece la autonomía, mejora habilidades de trabajo en equipo y permite conectar los aprendizajes con situaciones del mundo real. Asimismo, señalan que su efectividad depende de un diseño pedagógico riguroso, la claridad del problema detonador y el acompañamiento docente estructurado a lo largo del proceso.

Funcionalidad para el proyecto

Fundamenta metodológicamente la elección del ABP como estrategia central del semillero STEM-PRAE. Los criterios que identifican para un ABP exitoso (problema detonador, diseño



pedagógico, acompañamiento docente) orientan directamente la construcción de las fases y los instrumentos propuestos en la guía metodológica del proyecto.

Antecedente 9 — Nacional

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>

Este artículo realizó una revisión crítica de 20 trabajos de grado sobre STEM/STEAM producidos en 42 universidades colombianas entre 2014 y 2021. Los hallazgos evidencian que existe una apropiación parcial del concepto STEM en el país: predominan enfoques aditivos (suma de disciplinas) sobre los integrativos, hay escasa articulación interdisciplinar real, y la formación docente inicial presenta serias debilidades conceptuales sobre el enfoque. Solo una minoría de los trabajos desarrolló propuestas aplicadas en contextos de educación básica y media, y ninguno articuló el STEM con proyectos institucionales como los PRAE.

Funcionalidad para el proyecto

Este antecedente es clave porque diagnostica con precisión el estado de la educación STEM en Colombia y confirma directamente la brecha que el proyecto busca atender: la falta de articulación entre STEM, el PRAE y el contexto educativo de básica secundaria. Sus conclusiones validan la pertinencia y novedad de la propuesta de esta investigación.



Antecedente 10 — Nacional

Rámirez Figueroa, L. A. (2024). Transformando la educación en Colombia: estrategias didácticas, STEM y habilidades del siglo XXI. Revista Huellas, 10(2). <https://doi.org/10.22267/huellas.24102.16>

El artículo analiza estrategias didácticas implementadas en Colombia bajo el enfoque STEM para el desarrollo de habilidades del siglo XXI (pensamiento crítico, resolución de problemas, colaboración y comunicación). El análisis cualitativo de casos escolares evidencia que las instituciones que implementan STEM de manera transversal, articulándolo con proyectos institucionales y problemáticas locales, logran mejores resultados en el desarrollo de competencias que aquellas que lo reducen a talleres tecnológicos aislados. El texto también destaca el rol del docente como dinamizador y la importancia de entornos de aprendizaje flexibles y colaborativos.

Funcionalidad para el proyecto

Orienta el diseño de la guía metodológica del semillero STEM-PRAE hacia una implementación transversal y contextualizada, y no como una actividad tecnológica aislada. Confirma que la articulación con proyectos institucionales como el PRAE es precisamente el tipo de integración que mejores resultados arroja en contextos escolares colombianos.

Antecedente 11 — Nacional

Ojeda-González, G. P., & Castro-Moreno, J. A. (2023). Los proyectos ambientales escolares (PRAE) y la educación ambiental comunitaria (EAC): encuentros y desencuentros



en las orientaciones curriculares colombianas. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 54, 84–101.

<https://doi.org/10.17227/ted.num54-17608>

Esta investigación doctoral examina los puntos de convergencia y divergencia entre los lineamientos del PRAE y la educación ambiental comunitaria (EAC) en Colombia. El estudio concluye que, aunque los documentos curriculares colombianos no aluden explícitamente a la EAC, los PRAE tienen potencial para articularse con esta perspectiva si se supera el enfoque naturalista reduccionista predominante. Destaca que el PRAE representa una herramienta esencial para la transversalización curricular cuando se implementa con estrategias pedagógicas contextualizadas que abordan problemáticas ambientales locales con participación comunitaria.

Funcionalidad para el proyecto

Refuerza el argumento central del proyecto acerca del potencial transformador del PRAE cuando se integra con enfoques pedagógicos participativos y contextualizados. Aporta sustento teórico para la articulación entre el PRAE y el semillero STEM, mostrando que dicha articulación no es solo posible, sino que responde a una necesidad identificada en la literatura académica colombiana.

Antecedente 12 — Nacional

Rodríguez Ríos, D., & Barrios Jara, N. (2024). Propuesta para el fortalecimiento de los semilleros estudiantiles de carácter científico tecnológico. *Conocimiento Global*, 9(1), 176–207. <https://doi.org/10.70165/cglobal.v9i1.354>



El artículo presenta una propuesta para fortalecer los semilleros de investigación científico-tecnológica en educación secundaria y media del departamento del Meta, Colombia. Tras una revisión bibliográfica de dos décadas, los autores construyen cuatro categorías para el estudio de semilleros: gestión del semillero, desarrollo del talento científico-tecnológico, rol del docente y competencias científico-tecnológicas (CCT). Concluyen que la ausencia de marcos claros de gestión, el débil acompañamiento docente y la falta de articulación con proyectos institucionales son las principales causas del fracaso o la discontinuidad de los semilleros escolares.

Funcionalidad para el proyecto

Este antecedente es directamente relevante porque aborda el mismo tipo de estrategia que propone el presente proyecto (semillero STEM escolar) y evidencia los mismos problemas que la guía metodológica busca resolver: ausencia de marcos de gestión, debilidad en el acompañamiento docente y desarticulación institucional. Sus categorías de análisis informan el diseño de los componentes de la guía metodológica.

Antecedente 13 — Nacional

Mendoza-Alba, César Augusto, Pedraza-Jiménez, Yamile, y Hernández-Barbosa, Rubinstein. (2023). El proyecto ambiental escolar (PRAE) en la construcción de comunidad: una experiencia de educación ambiental en contexto rural. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (54), 46-63. <https://doi.org/10.17227/ted.num54-18711>

El estudio analiza la experiencia de implementación del PRAE en una institución rural colombiana con enfoque comunitario. Los resultados muestran que cuando el PRAE se concibe



como un proceso participativo y situado, involucrando a docentes, estudiantes, familias y actores comunitarios, su impacto en la conciencia ambiental, la cohesión social y el sentido de pertenencia territorial es significativamente mayor que en los modelos tradicionales. El texto propone que el PRAE debe funcionar como eje articulador de la vida escolar y no como proyecto periférico o de una sola área disciplinar.

Funcionalidad para el proyecto

Ofrece evidencia empírica sobre cómo un PRAE participativo y territorializado genera resultados superiores en formación ambiental. Esto respalda la decisión metodológica del semillero STEM-PRAE de anclar el proceso en el territorio (Páramo de Guerrero) e involucrar activamente a la comunidad educativa del Colegio Innova Schools Zipaquirá.

Antecedente 14 — Nacional

Arboleda Rodríguez, L. M., Bravo Arteaga, E. D., & Samboni Imbachi, E. J. (2022). Proyecto Escolar Ambiental (PRAE): Estrategia pedagógica de sensibilización y cuidado del medio ambiente para la Institución Educativa Pio XII del Municipio de Mocoa (Putumayo). Fundación Universitaria del Área Andina. <https://digitk.areandina.edu.co/entities/publication/204c41e4-154d-4773-bec8-f1a558931ef6>

Esta experiencia sistematiza la implementación de un PRAE renovado como estrategia pedagógica de sensibilización y cuidado ambiental en una institución colombiana, con énfasis en la participación de los estudiantes. El estudio muestra que la articulación del PRAE con actividades de campo, talleres participativos y proyectos colaborativos incrementó el nivel de conciencia



ambiental de los estudiantes y mejoró las prácticas de manejo de residuos en el entorno escolar. Destaca la necesidad de herramientas metodológicas claras para que los docentes lideren estos procesos.

Funcionalidad para el proyecto

Aporta un referente de caso colombiano con características contextuales similares al Colegio Innova Schools Zipaquirá (institución con PRAE incipiente y alta generación de residuos). Sus resultados sobre el impacto del PRAE participativo en las prácticas ambientales estudiantiles sirven como punto de comparación para la evaluación de los resultados esperados del semillero STEM-PRAE.

Antecedente 15 — Regional

Murad, C., Huguet, C., & Pearse, J. (2024). Multitemporal monitoring of paramos as critical water sources in Central Colombia. *Scientific Reports*, 14, 15432. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-67563-z>

Publicado en una revista indexada de alto impacto (Nature Publishing Group), este estudio utiliza teledetección y sensores satelitales para monitorear los cambios biofísicos y el estrés hídrico en los complejos de páramo del centro de Colombia (Cundinamarca). El artículo detalla con rigor matemático la vulnerabilidad del Páramo de Guerrero frente a las presiones antrópicas y de expansión agropecuaria.



Funcionalidad para el proyecto

Aporta el marco científico de frontera para contextualizar territorialmente el semillero. Fundamenta las competencias científicas de análisis de sistemas naturales (S2) e impacto ambiental (S3), brindando los datos reales sobre el Páramo de Guerrero que los estudiantes utilizarán para estructurar el marco teórico de sus investigaciones escolares.

Antecedente 16 -- Regional

Diazgranados, M., Tovar, C., Castellanos-Castro, C., Etherington, T. R., Rodríguez-Zorro, P. A., Galvis Rueda, M., & Flantua, S. G. A. (2021). Ecosystem services show variable responses to future climate conditions in the Colombian páramos. *PeerJ*, 9, e11370. <https://doi.org/10.7717/peerj.11370>

Este modelo predictivo analiza la resiliencia y las alteraciones en los servicios ecosistémicos (regulación hídrica, captura de carbono) en los páramos colombianos bajo diferentes escenarios de cambio climático regional, con especial énfasis en la Sabana de Bogotá y sus alrededores.

Funcionalidad para el proyecto

Provee el sustento cuantitativo necesario para la competencia de Modelado Matemático (M3) del Semillero. Permite a los estudiantes de grado décimo contrastar datos teóricos de cambio climático con variables locales, como el impacto de una inadecuada disposición de residuos sólidos en la región.

Antecedente 17 — Local (Zipaquirá y área de influencia del Páramo de Guerrero)

Ministerio de Educación Nacional (MEN), OEA & Parque Explora. (2022). Plan de Estudios Ruta STEM 2022 por Sistemas (Ruta STEM Stemnautas). Ministerio de Educación Nacional de Colombia.

Este documento oficial del Ministerio de Educación Nacional de Colombia presenta los lineamientos pedagógicos de la Ruta STEM+ para instituciones de educación básica y media, promovida desde 2022 como estrategia nacional para modernizar la enseñanza de ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas. La propuesta incluye principios orientadores, competencias esperadas, orientaciones para la formación docente y ejemplos de proyectos escolares STEM en diferentes contextos territoriales del país. Destaca la importancia de que las experiencias STEM se anclen en problemáticas locales reales y se integren con proyectos institucionales existentes como el PRAE.

Funcionalidad para el proyecto

Provee el marco normativo y pedagógico oficial dentro del cual se inscribe el presente proyecto, legitimando la propuesta ante la comunidad educativa de Zipaquirá. La Ruta STEM+ del MEN sirve como referente de política pública que respalda la pertinencia de diseñar una guía metodológica que articule STEM con el PRAE en instituciones como el Colegio Innova Schools Zipaquirá.



Antecedente 18 — Local (Zipaquirá y área de influencia del Páramo de Guerrero)

Pérez-Vásquez, N., Cadavid-Velásquez, B., & Flórez-Nisperuza, E. (2021). La educación ambiental: una tarea inconclusa desde los proyectos ambientales escolares.

Revista Boletín REDIPE, 10(7), 84–96.

<https://revista.redipe.org/index.php/1/article/view/1349/1262>

Este artículo analiza el estado de implementación de los PRAE en varias regiones colombianas, incluyendo Cundinamarca, a través de una revisión documental. Los autores concluyen que la educación ambiental a través de los PRAE sigue siendo una "tarea inconclusa": la mayoría de las instituciones no logran trascender las actividades puntuales para construir procesos sostenidos de investigación y transformación ambiental. Identifican como causas la débil formación docente, la falta de recursos pedagógicos sistematizados, la ausencia de metodologías activas en la gestión del PRAE y la escasa participación estudiantil real.

Funcionalidad para el proyecto

Este antecedente actúa como diagnóstico directo del problema que el proyecto aborda: los PRAE son una tarea inconclusa. Sus hallazgos aplicados a Cundinamarca son transferibles al municipio de Zipaquirá y justifican plenamente la necesidad de una guía metodológica STEM-PRAE que proporcione a los docentes herramientas concretas, replicables y contextualizadas para transformar el PRAE de actividad puntual a proceso pedagógico sustentado.



Síntesis de Brechas y Aporte del Proyecto

La revisión de los diecisiete antecedentes presentados permite identificar con claridad las brechas que el presente proyecto busca atender. En el plano internacional, existe un creciente reconocimiento del valor pedagógico de los semilleros y clubes STEM para el desarrollo de competencias científicas, la motivación académica y la identidad investigadora de los estudiantes (Blanchard et al., 2023; Avendano-Uribe et al., 2022). Sin embargo, la mayor parte de estas experiencias se desarrollan en países de altos ingresos y carecen de marcos metodológicos exportables a contextos de menor dotación de recursos y con currículos estructurados en torno a proyectos ambientales obligatorios como el PRAE colombiano.

En el plano nacional, los estudios confirman que Colombia enfrenta dos problemas articulados: por un lado, una apropiación parcial y fragmentada del enfoque STEM, concentrada en talleres tecnológicos aislados y no en procesos interdisciplinarios integrados al currículo (Marín-Ríos et al., 2023; Ramos-Lizcano et al., 2022); por el otro, una implementación del PRAE que sigue siendo predominantemente naturalista, poco participativa y desconectada de enfoques pedagógicos activos (Ojeda-González & Castro-Moreno, 2023; Pérez-Vásquez et al., 2021; Ramírez Suárez et al., 2023). Ninguno de los estudios revisados documenta una propuesta que integre sistemáticamente ambos problemas mediante una guía metodológica diseñada, validada y replicable.

En el plano regional y local, los datos sobre Bogotá y Cundinamarca (Ramírez Suárez et al., 2023; Arboleda et al., 2022) muestran avances en cobertura de los PRAE pero insuficiencias



en calidad metodológica, y la política educativa del MEN (Ruta STEM+, 2022) proporciona un respaldo normativo para la integración que el proyecto propone, aunque sin materiales de aplicación suficientemente detallados para orientar a los docentes.

El presente proyecto responde a estas brechas de manera directa: diseña y valida una guía metodológica que articula el enfoque STEM con el PRAE, anclada en la realidad territorial del municipio de Zipaquirá y su zona de influencia sobre el Páramo de Guerrero, con instrumentos concretos para el seguimiento y la evaluación, y con un modelo de semillero transferible a otras instituciones del país. En este sentido, la investigación no duplica esfuerzos existentes, sino que ocupa un espacio vacío identificado sistemáticamente por la literatura especializada.

Marco de referencia

Marco contextual

El proyecto se desarrolló en el Colegio Innova Schools Zipaquirá, institución privada de educación básica secundaria con modelo pedagógico socio constructivista, ubicada en el municipio de Zipaquirá, Cundinamarca, en la zona de influencia del Páramo de Guerrero. La comunidad educativa se caracteriza por una alta disposición hacia metodologías activas y proyectos interdisciplinarios, aunque con limitadas experiencias previas en la integración sistemática del enfoque STEM con el PRAE institucional. El Proyecto Ambiental Escolar (PRAE) de la institución identifica problemáticas relacionadas con el manejo de residuos, cuidado del agua y biodiversidad local, aspectos que constituyeron el punto de partida para la articulación con el enfoque STEM desde una perspectiva participativa y contextualizada.



La institución contó con líderes ambientales estudiantiles, docentes motivados y recursos básicos para el desarrollo de actividades experimentales y tecnológicas, aunque enfrentaba retos como la fragmentación curricular y la necesidad de fortalecer el pensamiento científico y tecnológico de los estudiantes. El proyecto involucró a 34 estudiantes representantes ambientales de grados 1° a 10° y al grupo de investigación de grado décimo vinculado a la electiva de profundización, docentes de diversas áreas y el comité PRAE institucional. Este contexto ofreció condiciones favorables para implementar el semillero STEM–PRAE como experiencia pedagógica situada y para sistematizarla en una guía metodológica transferible a otras instituciones educativas colombianas.

Marco teórico

El presente marco teórico organiza y desarrolla las bases conceptuales que sustentan la propuesta de una guía metodológica para articular el enfoque STEM con los Proyectos Ambientales Escolares (PRAE) en instituciones educativas de básica secundaria en Colombia. Para ello, se estructuran cinco categorías de análisis profundamente conectadas con el propósito del proyecto: (1) Paradigma sociocrítico y educación para la transformación social, que orienta el sentido político-pedagógico del semillero STEM-PRAE; (2) Investigación-Acción Participativa y reflexividad del docente-investigador, que fundamenta la metodología implementada y el rol del profesorado como agente de cambio; (3) Enfoque STEM como integración curricular, que explica las características del modelo, sus principios y su potencial para abordar problemas reales; (4) Educación ambiental y Proyectos Ambientales Escolares (PRAE), que vincula el componente socio ecológico con la acción escolar; y (5) Diseño de semilleros STEM como estrategia educativa



para la participación estudiantil, que articula las categorías anteriores en una estrategia pedagógica concreta. Cada categoría se sustenta en literatura especializada, garantizando una fundamentación rigurosa que permita comprender, justificar y orientar la propuesta curricular del semillero STEM-PRAE.

Paradigma sociocrítico y educación para la transformación social

Se fundamenta en la premisa de que la educación no es un acto neutro, sino un proceso profundamente político y situado históricamente, capaz de contribuir a la transformación social mediante la reflexión, la acción colectiva y la problematización de la realidad. Desde este enfoque, el conocimiento se construye mediante procesos dialógicos y emancipadores, orientados a comprender críticamente las estructuras sociales, culturales y ambientales que configuran la vida de las comunidades (Kemmis & McTaggart, 1988). En el contexto educativo contemporáneo, este paradigma adquiere relevancia al enfrentarnos a retos socioambientales que demandan estudiantes capaces de pensar críticamente, investigar problemas reales y participar activamente en la construcción de soluciones con sentido social.

Stephen Kemmis, uno de los referentes centrales del paradigma sociocrítico, plantea que la educación debe entenderse como una práctica social reflexiva que ocurre en espacios intersubjetivos, donde los sujetos negocian significados y construyen formas de acción colectiva orientadas hacia la justicia social y ambiental. Para Kemmis (1988), las prácticas educativas se transforman cuando los actores involucrados, docentes, estudiantes y comunidad, analizan críticamente las condiciones que limitan su acción y desarrollan alternativas para intervenirlas.



Esta perspectiva coincide con el propósito del proyecto STEM-PRAE, que busca que los estudiantes reconozcan su territorio, identifiquen problemáticas ambientales y elaboren soluciones mediante procesos investigativos basados en el pensamiento STEM.

Otro aporte importante del paradigma sociocrítico proviene de Habermas (1972), quien distingue entre los intereses técnico, práctico y emancipador del conocimiento. La propuesta del semillero STEM-PRAE se inscribe principalmente en el interés emancipador, ya que promueve la formación de sujetos capaces de cuestionar la realidad ambiental de su entorno y actuar para transformarla. La investigación que se plantea en el semillero va más allá del simple descubrimiento de información; implica comprender, dialogar y decidir colectivamente (Habermas, 1972).

Autores latinoamericanos como Paulo Freire (1970) también resultan fundamentales. Freire propone que la educación debe ser una práctica de libertad, donde los estudiantes no solo aprendan contenidos, sino que desarrollen una conciencia crítica del mundo a través de la problematización y el diálogo. Esta perspectiva se refleja en la metodología del proyecto, especialmente en la primera fase de diagnóstico participativo, donde los estudiantes identifican situaciones ambientales desde su experiencia cotidiana. El enfoque STEM, articulado al PRAE, se convierte así en una vía para que el aula se transforme en un espacio de investigación y acción socialmente pertinente (Freire, 1970).

En el ámbito de la educación ambiental, el paradigma sociocrítico resalta la necesidad de comprender las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad como procesos inseparables, donde las decisiones que tomamos tienen implicaciones políticas y éticas. Esta visión coincide con



autores como Sauvé (2004), quien concibe la educación ambiental como un proceso para la construcción colectiva de alternativas ante problemáticas complejas. Esta perspectiva es vital para el proyecto, ya que posiciona a los estudiantes como sujetos activos en la protección de su entorno.

En suma, el paradigma sociocrítico proporciona el marco filosófico y pedagógico que orienta la guía metodológica del semillero STEM-PRAE. Desde esta perspectiva, los estudiantes no solo desarrollan habilidades STEM, sino que se reconocen como ciudadanos capaces de intervenir su realidad ambiental con pensamiento crítico, colaboración y compromiso social (Kemmis & McTaggart, 1988; Sauvé, 2004).

Investigación-Acción Participativa y reflexividad del docente-investigador

La Investigación-Acción (IA), propuesta inicialmente por Kurt Lewin (1946) en la década de 1940, constituye una de las bases metodológicas más relevantes para proyectos que buscan transformar prácticas educativas en contextos reales. Lewin planteó que la investigación debía estar integrada con la acción, y que la mejor forma de comprender un problema es intervenirlo de manera colaborativa a través de ciclos de planificación, acción, observación y reflexión. Esta lógica cíclica se articula de forma directa con la metodología del semillero STEM-PRAE, donde cada fase implica que los participantes analicen su proceso, evalúen resultados y ajusten estrategias (Lewin, 1946)

Autores posteriores como Stephen Kemmis y Robin McTaggart ampliaron la perspectiva de Lewin hacia un enfoque más crítico y emancipador, dando origen a la Investigación-Acción Participativa (IAP). Para Kemmis (1988), la IAP es más que un método; es una forma de



democracia participativa en la escuela. En ella, los actores educativos no son sujetos pasivos sino coinvestigadores que reflexionan sobre sus prácticas y construyen conocimiento colectivo. Esta perspectiva resulta fundamental para el proyecto, pues reconoce a estudiantes, docentes y comunidad como participantes activos en la identificación y solución de problemáticas socioambientales.

Jack Whitehead complementa este enfoque al introducir el concepto de “teorías vivas”, entendidas como la capacidad del docente de generar conocimiento basado en la reflexión crítica sobre su propia práctica. Desde esta visión, los educadores no solo aplican teorías externas, sino que construyen sus propias explicaciones sobre cómo mejorar su enseñanza y su impacto en la comunidad. En el semillero STEM-PRAE, esta perspectiva se evidencia en la sistematización de experiencias, el uso de diarios de campo y la creación de una guía metodológica transferible (Whitehead, 1989).

La Investigación-Acción Participativa adquiere especial relevancia cuando se articula con proyectos ambientales escolares. Autores como Fals Borda (1985) impulsan la idea de que la IAP permite comprender profundamente las realidades territoriales y generar soluciones contextualizadas mediante la participación activa de los estudiantes. En el marco del proyecto, los estudiantes investigan problemáticas ambientales del entorno desde un proceso riguroso, pero también transformador y situado.

Desde una perspectiva metodológica, la IAP promueve un proceso de reflexividad, entendido como la capacidad de analizar críticamente las propias acciones, creencias y decisiones pedagógicas. Esta reflexividad fortalece al docente como investigador y favorece la construcción



de prácticas transformadoras. La guía metodológica del semillero STEM-PRAE incorpora instrumentos como diarios de campo y portafolios precisamente para fortalecer este componente reflexivo, tanto en docentes como en estudiantes (Kemmis & McTaggart, 1988; Whitehead, 1989).

Desde el contexto colombiano, Ramírez Figueroa (2024) y Avendano-Urbe et al. (2022) coinciden en señalar que la educación STEM debe estar mediada por un enfoque crítico y territorial, reconociendo los saberes locales y promoviendo la investigación escolar como un vehículo para resolver problemas reales. Esta perspectiva resuena profundamente con la IAP, pues enfatiza el papel de los estudiantes como investigadores capaces de aportar soluciones innovadoras a problemáticas socioambientales (Avendano-Urbe et al., 2022; Ramírez Figueroa, 2024). En síntesis, la Investigación-Acción Participativa constituye el corazón metodológico del semillero STEM-PRAE, ya que permite articular el diagnóstico del contexto, la planeación colaborativa, la implementación del semillero, la sistematización del proceso y la elaboración de una guía metodológica fundamentada en la experiencia real.

Enfoque STEM como integración curricular

Surge como una propuesta para integrar las disciplinas científicas y tecnológicas de manera coherente, contextualizada y orientada a la solución de problemas reales. A partir de la década del 2000, la National Science Teaching Association (NSTA) y diversas organizaciones internacionales han promovido una visión de STEM que va más allá de enfoques disciplinares aislados,

proponiendo experiencias educativas que fomenten la creatividad, la innovación, el pensamiento crítico y la conexión con contextos auténticos.

La NSTA define STEM como una integración intencional de contenidos y prácticas que permite a los estudiantes investigar el mundo natural y tecnológico mediante procesos activos de diseño, indagación, razonamiento matemático y modelación. En esta perspectiva, los estudiantes no solo aprenden conceptos, sino que desarrollan habilidades científicas y tecnológicas transferibles a situaciones reales (Bybee, 2013; Kelley & Knowles, 2016). Este enfoque es fundamental para el proyecto, ya que se vincula directamente con la necesidad de que los estudiantes comprendan y actúen frente a problemáticas ambientales de su entorno.

Kelley & Knowles (2016) proponen uno de los modelos más influyentes para comprender la integración STEM: el STEM Education Framework, el cual plantea cuatro características esenciales: integración disciplinar, conexión con problemas auténticos, enfoque en el diseño ingenieril y aprendizaje basado en proyectos. Según estos autores, los procesos STEM se fortalecen cuando los estudiantes trabajan colaborativamente para resolver desafíos reales, poniendo en práctica el pensamiento ingenieril como eje articulador. En el semillero STEM-PRAE, estos elementos se expresan en la investigación de problemáticas ambientales locales y en el diseño de prototipos, propuestas o intervenciones para solucionarlas.

Autores como Bybee (2013) señalan que STEM debe entenderse como una alfabetización para el siglo XXI, donde las personas sean capaces de comprender los impactos sociales, ambientales y económicos de la ciencia y la tecnología. Esta visión coincide con el propósito del proyecto, ya que promueve una formación crítica y ética que permita a los estudiantes reconocer



su rol como ciudadanos en la toma de decisiones informadas sobre los retos ambientales (Bybee, 2013).

Desde América Latina, Marín-Ríos et al. (2023) y Gavari-Starkie et al. (2024) insisten en la necesidad de integrar el enfoque STEM con la realidad sociocultural de los territorios y con problemáticas relevantes para las comunidades. Ambos estudios sostienen que la educación STEM debe articular saberes locales y experiencias propias del contexto, algo esencial en instituciones educativas donde el PRAE se convierte en una oportunidad para conectar el currículo con la cotidianidad ambiental de los estudiantes (Marín-Ríos et al., 2023; Gavari-Starkie et al., 2024).

Por otra parte, el diseño curricular bajo el enfoque STEM debe comprender que la integración no consiste en yuxtaponer asignaturas, sino en construir experiencias interdisciplinarias donde los estudiantes apliquen conocimientos diversos para resolver retos. En este sentido, autores como Holmlund et al. (2018) y Breiner et al. (2012) destacan que un enfoque STEM auténtico requiere colaboración docente, planificación conjunta y un currículo flexible. La guía metodológica del semillero STEM-PRAE incorpora estas recomendaciones al proponer actividades quincenales basadas en problemáticas reales, acompañadas de instrumentos de registro y reflexión (Breiner et al., 2012; Holmlund et al., 2018).

Finalmente, el aprendizaje STEM se fortalece con el uso de metodologías activas como el aprendizaje basado en proyectos (ABP), el aprendizaje basado en retos (ABR), el diseño ingenieril, la indagación científica y la modelación. Estas estrategias permiten a los estudiantes interactuar con el conocimiento de manera experiencial, creativa y colaborativa, potenciando su participación en el semillero y su capacidad para aportar a los Proyectos Ambientales Escolares. La creciente producción académica



sobre STEM en contextos escolares da cuenta de la consolidación del campo y de su relevancia para la formación científica del siglo XXI (Moreno-Guerrero et al., 2020).

Educación ambiental y Proyectos Ambientales Escolares (PRAE)

Constituye un campo interdisciplinar y complejo que busca promover cambios en las actitudes, conocimientos y prácticas de las personas para favorecer la sostenibilidad de los ecosistemas y la justicia socioambiental. Desde la década de 1970, la educación ambiental ha evolucionado desde enfoques naturalistas hacia modelos críticos que integran dimensiones sociopolíticas, culturales y éticas del ambiente. Autores como Sauvé (2004) y González Gaudiano (2005) destacan que la educación ambiental debe promover la reflexión sobre las causas estructurales de los problemas ambientales y fortalecer la participación ciudadana para su transformación.

En Colombia, los Proyectos Ambientales Escolares (PRAE) se institucionalizaron como una estrategia pedagógica que permite a las escuelas abordar problemáticas ambientales locales mediante procesos participativos, investigativos y contextualizados. El Ministerio de Educación Nacional (MEN) plantea que los PRAE deben articular currículo, investigación escolar, participación comunitaria y gestión ambiental institucional (Ministerio de Educación Nacional, 1994; Ministerio del Medio Ambiente & Ministerio de Educación Nacional, 2002). Esta estructura coincide ampliamente con el enfoque metodológico del semillero STEM-PRAE, ya que ambos modelos buscan que los estudiantes comprendan su territorio y participen en la solución de problemáticas reales.



Burgos Ayala (2017) señala que los PRAE representan una oportunidad para integrar saberes locales y científicos, fortalecer la identidad territorial y promover prácticas sostenibles en las comunidades educativas. Sin embargo, en muchas instituciones los PRAE se desarrollan de manera fragmentada, sin una articulación pedagógica consistente con el currículo y sin una participación activa del estudiantado. Estas dificultades justifican la necesidad del proyecto, que busca fortalecer el PRAE mediante una metodología STEM basada en investigación-acción participativa.

La educación ambiental crítica, inspirada en autores como Freire (1970) y González Gaudiano & Ortega (2009), propone que el ambiente debe entenderse como una problemática socioecológica donde confluyen elementos naturales, culturales, económicos y políticos. Desde esta perspectiva, los estudiantes no solo deben aprender contenidos ambientales, sino también comprender las relaciones de poder, inequidad y explotación que producen las crisis ecológicas (González Gaudiano & Ortega, 2009). Este enfoque crítico resulta fundamental para el proyecto, ya que permite que las problemáticas ambientales investigadas por los estudiantes sean entendidas en toda su complejidad, más allá de aspectos técnicos o científicos.

Los PRAE también promueven la participación estudiantil como una dimensión esencial, alineándose con autores como Hart (1992), quien propone la “escalera de la participación infantil” para evaluar el grado en que los estudiantes se involucran en la toma de decisiones. El semillero STEM-PRAE apunta a alcanzar niveles altos de participación, donde los estudiantes lideran investigaciones, diseñan soluciones y socializan resultados en espacios comunitarios o académicos.



Finalmente, la articulación entre educación ambiental y STEM genera oportunidades pedagógicas valiosas: los estudiantes investigan problemáticas reales, utilizan métodos científicos y diseñan prototipos o intervenciones que impactan directamente su contexto (Tovar-Gálvez, 2021; Acosta Castellanos & Queiruga-Dios, 2024). Esta integración constituye uno de los aportes más significativos del proyecto y fundamenta la necesidad de la guía metodológica.

El Diseño de semilleros STEM como estrategia educativa

para la participación estudiantil son estrategias pedagógicas que promueven la formación de competencias investigativas, el pensamiento crítico y la participación de los estudiantes en la construcción de conocimiento. En América Latina, los semilleros han surgido como una oportunidad para integrar investigación, innovación y compromiso comunitario desde edades tempranas (Blanchard et al., 2023; Oviedo Priolo & Muñoz Hernández, 2026). Oviedo Priolo & Muñoz Hernández (2026) destacan que los semilleros permiten a los estudiantes movilizar saberes de diversas áreas, desarrollar autonomía y fortalecer su identidad como investigadores en el contexto de instituciones educativas rurales colombianas.

En el contexto escolar, los semilleros STEM representan un espacio privilegiado para la construcción de experiencias auténticas de aprendizaje. Kelley & Knowles sostienen que los procesos STEM requieren ambientes donde los estudiantes puedan experimentar, fallar, rediseñar y colaborar sin las limitaciones tradicionales del currículo fragmentado. El semillero STEM-PRAE se fundamenta en esta visión, proponiendo sesiones quincenales donde los estudiantes desarrollan proyectos orientados a problemáticas ambientales del territorio (Kelley & Knowles, 2016).



La participación estudiantil es un elemento central en el diseño del semillero. Desde la perspectiva de la educación crítica y la pedagogía participativa, los estudiantes no deben ser receptores pasivos, sino agentes que deciden, investigan y transforman. Esto coincide con los planteamientos de Shier (2001), quien propone niveles de participación que reconocen la capacidad de los estudiantes para expresar opiniones, tomar decisiones y liderar acciones. En el proyecto, la participación se fortalece mediante el uso de instrumentos como diarios de campo, portafolios, encuestas y listas de cotejo, que permiten a los estudiantes reflexionar y documentar su proceso.

Autores como Vygotsky (1978) también son relevantes al señalar que el aprendizaje se construye mediante la interacción social y el apoyo entre pares. El trabajo colaborativo, característico del enfoque STEM y de los PRAE, permite que los estudiantes desarrollen habilidades comunicativas, sociales y éticas mientras trabajan en proyectos reales. La guía metodológica del semillero incorpora esta visión mediante actividades colaborativas, retos ingenieriles y prácticas de laboratorio contextualizadas (Vygotsky, 1978).

Un elemento fundamental en el diseño del semillero es la integración curricular. Como señalan NSTA y Kelley & Knowles, la integración STEM implica articular las disciplinas en torno a un problema central, lo cual resulta ideal para proyectos ambientales. En esta propuesta, cada fase del semillero, diagnóstico, investigación, diseño, prototipado y socialización, se relaciona directamente con prácticas científicas, tecnológicas, ingenieriles y matemáticas.

Finalmente, la sistematización del proceso y la elaboración de la guía metodológica constituyen un aporte significativo para las instituciones educativas. Siguiendo a Whitehead



(1989), el conocimiento producido en el semillero no solo se queda en la experiencia, sino que se convierte en teoría viva que puede compartirse y aplicarse en otros contextos. Esto garantiza que la experiencia del semillero sea sostenible, transferible y pertinente para diversas comunidades educativas (Whitehead, 1989; Jara Holliday, 2019).

El conjunto de categorías desarrolladas permite comprender de manera amplia y profunda los fundamentos pedagógicos, epistemológicos y metodológicos que orientan el diseño de la guía metodológica para articular STEM con el PRAE. La integración entre el paradigma sociocrítico, la investigación-acción participativa, el enfoque STEM, la educación ambiental y los semilleros de investigación escolar constituye un marco coherente que sustenta la pertinencia del proyecto y su potencial para transformar las prácticas educativas y ambientales en las instituciones de básica secundaria en Colombia.

Marco conceptual

En el presente marco conceptual se reúnen los conceptos fundamentales que sustentan el diseño de una guía metodológica para articular el enfoque STEM con los Proyectos Ambientales Escolares (PRAE) mediante una metodología socio-crítica e investigación-acción participativa, aplicada al desarrollo de un semillero STEM en instituciones educativas colombianas. Estos conceptos orientan la comprensión teórica y operativa del proyecto, permitiendo delimitar sus principios, categorías y procesos de intervención educativa.

Enfoque STEM

Se comprende como una perspectiva educativa interdisciplinar que integra ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas para resolver problemas reales mediante procesos de



indagación, diseño y pensamiento crítico. Autores como Kelley y Knowles (2016) plantean que el enfoque STEM favorece aprendizajes contextualizados, colaborativos y orientados a la innovación. La National Science Teaching Association (NSTA) resalta que su valor no está en sumar disciplinas, sino en relacionarlas para enfrentar desafíos auténticos de la vida escolar, comunitaria o ambiental.

Por lo tanto STEM se define como un enfoque pedagógico que articula exploración científica, diseño tecnológico y pensamiento crítico para comprender y transformar problemáticas ambientales locales. Esta definición se adapta al contexto escolar colombiano, donde se busca superar la fragmentación curricular que impide la integración entre áreas del conocimiento y proyectos institucionales (Breiner et al., 2012; Kelley & Knowles, 2016).

Proyectos Ambientales Escolares (PRAE)

Son estrategias educativas para la formación ambiental en instituciones colombianas, orientadas a la comprensión crítica de las problemáticas del entorno y la participación activa de la comunidad educativa en su solución. Se conciben como proyectos institucionales permanentes, interdisciplinarios y transformadores.

De este modo se entiende que el PRAE es el eje articulador que permite conectar el currículo con las realidades ambientales del territorio mediante procesos pedagógicos participativos y contextualizados. Esta visión concuerda con lo que señala Genes Paternina (2025), quien destaca que los PRAE deben promover la transversalidad curricular, la participación comunitaria y la generación de competencias críticas en los estudiantes. Integrar STEM con los



PRAE fortalece la dimensión investigativa, el uso de tecnologías y el pensamiento científico aplicado a problemas ambientales reales (Genes Paternina, 2025; Ministerio del Medio Ambiente & Ministerio de Educación Nacional, 2002).

Semillero STEM-PRAE

Se concibe como un espacio educativo extracurricular vinculado al PRAE institucional, donde estudiantes y docentes desarrollan procesos de investigación, experimentación, pensamiento científico y diseño tecnológico en torno a problemáticas ambientales del entorno escolar.

Por lo tanto, el semillero se define como un laboratorio pedagógico de innovación y participación estudiantil que opera mediante metodologías activas, instrumentos de registro y procesos de reflexión crítica. Combina ABP, indagación, salidas de campo, experimentos, prototipos y análisis de datos. La función del semillero no es formar expertos en tecnología, sino impulsar una cultura escolar investigativa, interdisciplinaria y ambientalmente comprometida (Blanchard et al., 2023; Oviedo Priolo & Muñoz Hernández, 2026).

Paradigma socio-crítico

Orienta esta investigación, entendiendo que la educación debe permitir transformar realidades a través de la reflexión, la participación y la acción colectiva. Según Kemmis & McTaggart (1988), este paradigma reconoce que los procesos educativos están atravesados por prácticas sociales, culturales y políticas que deben ser analizadas críticamente para generar cambio.



Desde esta perspectiva, el semillero STEM-PRAE se fundamenta en la idea de que los estudiantes no solo aprenden sobre el ambiente, sino que se convierten en actores activos en su transformación. El paradigma socio-crítico también resalta el carácter dialógico del aprendizaje y la construcción colectiva del conocimiento, principios coherentes con el enfoque colaborativo del semillero (Kemmis & McTaggart, 1988; Freire, 1970).

Investigación-Acción

Es el enfoque metodológico central del proyecto. Kurt Lewin (1946) la concibió como un proceso cíclico de diagnóstico, planificación, acción y evaluación. Kemmis y McTaggart (1988) la ampliaron hacia una perspectiva reflexiva y crítica. Stringer (2007) la fortaleció introduciendo fases más flexibles centradas en la comunidad: Look–Think–Act.

La investigación-acción se define como un proceso cíclico, participativo y reflexivo mediante el cual estudiantes, docentes y actores escolares identifican problemas ambientales, diseñan estrategias, actúan sobre ellas y evalúan sus resultados para mejorar continuamente el semillero y la guía metodológica. No se trata únicamente de investigar, sino de transformar la práctica educativa y el entorno a través de acciones colectivas fundamentadas en evidencia (Lewin, 1946; Kemmis & McTaggart, 1988; Stringer, 2007).

Reflexión y transformación pedagógica

La reflexión es un concepto clave en la investigación-acción. Jack Whitehead (1989) sostiene que los docentes construyen “teorías propias” basadas en su práctica, que se transforman al reflexionar sobre ellas. En este proyecto, la reflexión se entiende como el análisis sistemático y



crítico que docentes y estudiantes realizan a partir de los registros del semillero (diarios, listas de cotejo, portafolios, encuestas) para mejorar continuamente las actividades.

La transformación pedagógica se relaciona con la generación de cambios en la práctica docente, la cultura escolar y la participación estudiantil. Se asume como el resultado progresivo de los ciclos de investigación-acción, evidenciado en mayor articulación curricular, mejores prácticas ambientales, innovaciones didácticas y fortalecimiento de competencias STEM.

Participación estudiantil

se comprende como el involucramiento activo, consciente y progresivo de los estudiantes en los procesos de diagnóstico, investigación, toma de decisiones y socialización de resultados dentro del semillero STEM-PRAE. No se reduce a la asistencia o la ejecución de tareas, sino que implica agencia real: los estudiantes proponen preguntas, diseñan estrategias, evalúan su proceso y comparten sus hallazgos con la comunidad. En este proyecto se asume el modelo de Shier (2001), que identifica cinco niveles de participación, desde ser escuchados hasta compartir poder y responsabilidad en la toma de decisiones, como referente para valorar el grado de protagonismo estudiantil alcanzado en cada sesión del semillero.

Territorio y páramo como contexto pedagógico

El territorio se comprende en este proyecto como el espacio vivido, construido socialmente y cargado de significados culturales, ecológicos e históricos que dan sentido a las prácticas educativas. No es simplemente un escenario geográfico, sino el punto de partida para la problematización y la acción colectiva. El Páramo de Guerrero, ecosistema estratégico de alta



montaña andina, constituye el territorio pedagógico del semillero STEM-PRAE: sus problemáticas ambientales, presión hídrica, pérdida de biodiversidad, conflictos por uso del suelo, son los problemas reales que movilizan los ciclos de investigación-acción y orientan el diseño de los proyectos estudiantiles. Desde esta perspectiva, el territorio no es el objeto de estudio sino el sujeto que convoca la investigación (Wals et al., 2014; Serrano Giné & Galárraga Sánchez, 2015).

Guía metodológica emergente

Se entiende como un instrumento pedagógico construido desde la práctica y para la práctica, cuyo diseño no parte de un modelo predeterminado, sino que emerge progresivamente de los ciclos de investigación-acción ejecutados en el semillero. En este proyecto, la guía metodológica es a la vez producto y proceso: documenta las decisiones pedagógicas, los instrumentos de seguimiento, las sesiones del semillero y los aprendizajes sistematizados, con el propósito de ser transferible a otras instituciones educativas que busquen articular STEM con sus PRAE en contextos rurales o periurbanos similares. Su carácter emergente implica que el documento evoluciona con cada ciclo del semillero, integrando evidencias, reflexiones docentes y voces estudiantiles (Whitehead, 1989; Jara Holliday, 2019).

Marco legal y normativo

La presente investigación se enmarca en un conjunto de disposiciones legales y normativas que regulan la educación ambiental y la enseñanza de las ciencias en Colombia. El PRAE no es una iniciativa institucional voluntaria, sino un mandato legal establecido por el Estado colombiano desde 1993, cuya implementación articula dimensiones ambientales, pedagógicas y territoriales (Cadavid-Velásquez et al., 2021). La integración del enfoque STEM con el PRAE en el contexto



del semillero "Innovers por el Páramo" responde, por tanto, a obligaciones normativas concretas y a lineamientos de política pública en materia de educación ambiental y calidad educativa (Henao-Castro & Vives-Hurtado, 2025; Sepúlveda Gallego, 2025). A continuación, se sintetizan las normas más relevantes para esta investigación.

Ley o norma	Año	Descripción general	Artículo(s) que aplican	Aplicabilidad para el proyecto
Constitución Política de Colombia	1991	Carta Magna del Estado colombiano. Establece el derecho de todas las personas a gozar de un ambiente sano y el deber del Estado de proteger la diversidad e integridad del ambiente. Consagra la educación como derecho fundamental y servicio público con función social.	Art. 67 (derecho a la educación y protección del ambiente como fin educativo). Art. 79 (derecho de toda persona a gozar de un ambiente sano; deber del Estado de proteger la diversidad e integridad del ambiente). Art. 80 (deber del Estado de planificar el manejo y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales). Muñoz Ávila & Lozano Amaya (2021)	Fundamenta el carácter constitucional del PRAE y el enfoque ambiental de la investigación. La articulación STEM-PRAE responde al mandato de formar ciudadanos ambientalmente responsables desde la educación básica.
Ley 99 de 1993	1993	Crea el Sistema Nacional Ambiental (SINA) y el Ministerio del Medio Ambiente. Establece los fundamentos de la política ambiental colombiana, entre ellos el principio de desarrollo sostenible	Art. 1 (principios generales ambientales, incluyendo biodiversidad y desarrollo sostenible). Art. 5, numeral 9 (adoptar conjuntamente con el MEN planes y programas en relación con el medio ambiente). Art. 31, numeral 8 (asesorar a entidades territoriales en planes de	Enmarca legalmente la dimensión ecológica (E) de la malla STEM-PRAE y el trabajo del semillero en el contexto del Páramo de Guerrero como ecosistema estratégico protegido.



		y la educación ambiental como instrumento de gestión.	educación ambiental formal) Vélez Rojas & Londoño Pineda (2016)	
Ley 115 de 1994 — Ley General de Educación	1994	Define los fines, estructura y funcionamiento del sistema educativo colombiano. Establece la educación ambiental y la enseñanza de las ciencias naturales como áreas obligatorias del currículo de educación básica.	Art. 5, numeral 10 (adquisición de conciencia para conservación y mejoramiento del medio ambiente). Art. 14, literal c (enseñanza de la protección del ambiente, la ecología y la preservación de los recursos naturales). Art. 23 (áreas obligatorias: ciencias naturales y educación ambiental Sepúlveda Gallego (2025)	Justifica la pertinencia curricular del semillero STEM-PRAE y la integración de la dimensión ecológica (E) con las áreas científica (S), tecnológica (T) y matemática (M) de la malla de competencias.



Ley o norma	Año	Descripción general	Artículo(s) que aplican	Aplicabilidad para el proyecto
Decreto 1743 de 1994 (MEN & MMA)	1994	Norma fundacional del PRAE en Colombia. Instituye el Proyecto de Educación Ambiental como componente obligatorio del PEI en todos los establecimientos de educación formal del país.	Art. 1 (obligatoriedad del PRAE en el PEI de todos los establecimientos educativos). Art. 2 (principios rectores: interculturalidad, interdisciplinariedad, participación — base de DP1). Art. 3 (responsabilidad compartida de la comunidad educativa en el diseño del PRAE). Art. 6 (evaluación periódica del PRAE, al menos una vez al año — base de DP3) Cadavid-Velásquez et al. (2021)	Es la norma estructurante de toda la investigación. Los indicadores DP1 y DP2 de la malla STEM-PRAE se derivan de los artículos 1 y 2. El indicador DP3 se fundamenta en el artículo 6. El semillero opera como estrategia de fortalecimiento del PRAE institucional.
Política Nacional de Educación Ambiental — SINA	2002	Documento de política pública elaborado conjuntamente por el MEN y el MMA. Define lineamientos, estrategias y metas para la educación ambiental en Colombia, con énfasis en la formación ciudadana, la participación comunitaria y la articulación interinstitucional .	Capítulo III (inclusión de la EA en el currículo formal como eje transversal). Estrategia PRAE (fortalecimiento del PRAE como mecanismo central de EA en educación formal). Estrategia de formación docente (cualificación de educadores en EA como condición de sostenibilidad).Chaverra Gómez (2023)	Sustenta la pertinencia pedagógica de integrar el PRAE con metodologías activas como el enfoque STEM. La guía EMERGE responde al lineamiento de producción de materiales de apoyo para docentes en educación ambiental.



Ley 1549 de 2012	2012	Fortalece la institucionalización de la Política Nacional de Educación Ambiental en Colombia. Establece responsabilidades específicas para el MEN, entidades territoriales y el SINA en materia de educación ambiental.	Art. 1 (definición de EA como proceso dinámico y participativo orientado a la formación de personas críticas). Art. 3 (objeto: fortalecer la institucionalización de la Política Nacional de EA en el desarrollo territorial). Art. 7 (el MEN promoverá y acompañará el fortalecimiento de los PRAE en establecimientos de preescolar, básica y media). Art. 8 (los PRAE incorporarán transversalmente problemáticas: cambio climático, biodiversidad, agua, manejo de suelo Vélez Rojas & Londoño Pineda (2016)	Reafirma la vigencia y obligatoriedad del PRAE. El artículo 7 da sustento legal directo al rol del docente-investigador en el fortalecimiento del PRAE, función que cumple la guía EMERGE. Contextualiza la propuesta en el marco normativo vigente (2025–2026).
------------------	------	---	--	--

Marco metodológico

Enfoque de Investigación

La presente investigación se inscribe en el enfoque cualitativo, entendido como aquel que privilegia la comprensión en profundidad de los procesos humanos, sociales y pedagógicos antes que su cuantificación. Según Taylor y Bogdan (1987), la investigación cualitativa produce datos descriptivos a partir de las propias palabras de los actores, sus comportamientos observables y el significado que atribuyen a sus experiencias; su interés no radica en medir variables sino en interpretar la lógica interna de los procesos estudiados. Esta orientación epistemológica resulta coherente con el objeto de estudio de la presente tesis: comprender de qué manera la articulación entre el enfoque STEM y los Proyectos Ambientales Escolares (PRAE) puede fortalecerse mediante una estrategia pedagógica situada, y qué condiciones hacen posible o dificultan dicha articulación en un contexto escolar específico.



La pertinencia del enfoque cualitativo para este proyecto se sustenta en tres razones convergentes. Primera, el fenómeno que se estudia, el desarrollo de competencias STEM en contextos de educación ambiental participativa, no es reductible a puntajes ni escalas cerradas; requiere interpretar evidencias de proceso: registros de sesión, producciones de los estudiantes, reflexiones docentes y trayectorias de participación. Segunda, la naturaleza del semillero como experiencia pedagógica emergente exige una metodología capaz de adaptarse al curso de los acontecimientos y de incorporar lo inesperado como dato, no como anomalía. Tercera, el producto final de la investigación, una guía metodológica transferible, demanda una comprensión situada y matizada del proceso, imposible de obtener por medios exclusivamente cuantitativos (Cadavid-Velásquez et al., 2021).

El enfoque cualitativo se articula, en esta investigación, con el paradigma sociocrítico, que concibe el conocimiento como un acto político comprometido con la transformación de las realidades educativas y sociales. Desde este paradigma, el conocimiento no es neutral: surge de la reflexión sobre la práctica y retorna a ella para transformarla. Esta premisa resulta fundante para una investigación que toma como punto de partida un problema real de la institución educativa, las brechas en la articulación STEM-PRAE, y aspira a producir orientaciones que puedan ser adoptadas por otras escuelas colombianas (Fals Borda, 1985).

Paradigma y Tipo de Investigación

El paradigma sociocrítico, en su dimensión metodológica, encuentra su expresión más rigurosa en la Investigación-Acción Participativa (IAP). Kemmis y McTaggart (1988) definen la investigación-acción como una forma de indagación autorreflexiva realizada por los propios



participantes en situaciones sociales y educativas, con el fin de mejorar la racionalidad y justicia de sus prácticas. Su estructura no es lineal sino cíclica y espiralada: cada ciclo recorre cuatro momentos, planificación, acción, observación y reflexión, y los resultados de cada ciclo alimentan la planificación del siguiente.

En esta investigación, cada una de las ocho sesiones del semillero (S01 a S08) constituyó un microciclo de IAP. Antes de cada sesión, la investigadora principal planificó la estrategia pedagógica, los ejes temáticos y los instrumentos de registro; durante la sesión, implementó la acción pedagógica con los 34 estudiantes participantes; inmediatamente después, observó sistemáticamente los procesos mediante la bitácora de campo digital y el diario de campo docente; y, al cierre de cada sesión, reflexionó sobre los aciertos, tensiones y decisiones metodológicas que orientarían la sesión siguiente. Este diseño cíclico garantiza que la investigación no sea una intervención fija sino un proceso vivo, sensible a las condiciones del territorio y del grupo.

La IAP, en su dimensión participativa, implica además que los estudiantes no son meros sujetos de estudio sino agentes activos del proceso. En el Semillero "Innovers por el Páramo: Guerrero, corazón del territorio", los representantes ambientales de los grados 1° a 10° y el grupo de investigación de grado décimo participaron en la identificación de problemáticas ambientales mediante cartografía social, en la construcción de propuestas de solución mediante el ciclo de diseño ingenieril, y en la comunicación pública de resultados. Esta participación activa convierte al semillero en un espacio de co-construcción del conocimiento, coherente con los postulados de Freire (1970) sobre la educación como práctica de la libertad, y con el continuum de participación



de Shier (2001), que ubica la incidencia real de los jóvenes en los niveles más altos de la escala participativa.

Tipo de Estudio

La presente investigación es de tipo aplicado. A diferencia de la investigación básica o fundamental, cuyo propósito es la producción de conocimiento teórico abstracto, la investigación aplicada parte de un problema concreto y orienta sus recursos hacia la producción de una solución pertinente y transferible. El problema que motiva esta tesis es la ausencia de articulación sistemática entre el enfoque STEM y los PRAE en las instituciones educativas colombianas: los PRAE existen por mandato normativo desde el Decreto 1743 de 1994 (Ministerio de Educación Nacional, 1994), pero en muchos casos se ejecutan de manera desarticulada de las áreas disciplinares, lo que limita su impacto pedagógico y ambiental (Jara Holliday, 2019).

El constructo que esta investigación busca producir es una guía metodológica que permita a los docentes de otras instituciones implementar semilleros STEM-PRAE con claridad de propósito, secuencia pedagógica, instrumentos de seguimiento y criterios de evaluación del proceso. Esta guía no emerge de la deducción teórica sino de la sistematización crítica de una experiencia real: las ocho sesiones del semillero en el Colegio Innova Schools Zipaquirá durante el período marzo-mayo de 2026. En ese sentido, el tipo de estudio aplicado se complementa con la lógica de la investigación-acción: la práctica produce saber, y ese saber se formaliza para ser puesto al servicio de otras prácticas (Jara Holliday, 2019).

Categorías de Análisis: La Malla de Competencias STEM-PRAE

La Malla de Competencias STEM-PRAE es el instrumento nuclear de esta investigación: articula el diseño pedagógico, el seguimiento de las sesiones y la sistematización final de la experiencia. Su arquitectura opera en dos planos interdependientes que se describen a continuación. (Holmlund et al., 2018)

Primer plano: aprendizaje estudiantil. El primer plano organiza el desarrollo de competencias en cinco áreas integradas. Las cuatro primeras corresponden a las disciplinas canónicas del acrónimo STEM.

S — Ciencias: comprensión de fenómenos naturales, ecosistemas, ciclos biogeoquímicos y biodiversidad. Las competencias específicas de esta área son S1 (indagación científica del territorio), S2 (comprensión de sistemas naturales) y S3 (análisis de impacto ambiental). Son las competencias que se activan con mayor intensidad en los ejes temáticos de indagación del territorio (Eje 1), agua y ciclo hídrico (Eje 3) y biodiversidad (Eje 4). (Tovar-Gálvez, 2021)

T — Tecnología: uso crítico y productivo de herramientas digitales y analógicas para el registro, análisis y comunicación de información ambiental. Competencias: T1 (registro y gestión de datos), T2 (producción de contenidos digitales) y T3 (evaluación crítica de la tecnología). Se activan de manera transversal en todas las sesiones, dado que los estudiantes utilizan herramientas digitales de cartografía y registro a lo largo del ciclo. (Moreno-Guerrero et al., 2020)

E — Ingeniería y Diseño: aplicación del ciclo de diseño ingenieril en sus cinco momentos — definir el problema, idear soluciones, prototipar, probar e iterar— para responder a problemáticas



ambientales concretas. Competencias: E1 (diseño de soluciones), E2 (prototipado e iteración) y E3 (pensamiento sistémico de diseño). Son el núcleo del Eje 2 (residuos y desperdicio de alimentos, S03 a S06), donde los estudiantes diseñaron y elaboraron lixiviados orgánicos y biomateriales. (Kelley & Knowles, 2016)

M — Matemáticas: recolección, representación, interpretación y modelado de datos cuantitativos asociados a las problemáticas ambientales. Competencias: M1 (recolección y representación de datos), M2 (interpretación estadística) y M3 (modelado matemático). Se activan principalmente en la sesión de análisis comparativo (S06) y en el proceso de sistematización posterior al ciclo, a cargo de la investigadora principal. (Holmlund et al., 2018)

La quinta área, que constituye la categoría de análisis más distintiva de este proyecto, es la SC, Dimensión Sociocomunitaria: vínculo con el territorio, identidad ambiental, participación ciudadana y trabajo colaborativo. Competencias: SC1 (identidad y vínculo territorial), SC2 (participación ciudadana activa) y SC3 (indagación reflexiva y sistematización). Siguiendo el marco conceptual de Kelley y Knowles (2016), la dimensión sociocomunitaria cumple la función de articular los cuatro engranajes STEM en un conjunto coherente orientado hacia problemas auténticos y contextualizados: es la cuerda que ata el proceso. El territorio del Páramo de Guerrero, la identidad de los estudiantes como actores ambientales y la proyección comunitaria de sus hallazgos son el marco de sentido desde el cual se activan todas las demás competencias. (Gavari-Starkie et al., 2024)

Segundo plano: verificación institucional PRAE (DPRAE). El segundo plano de la malla funciona como capa verificadora: determina si el semillero está contribuyendo al cumplimiento

del PRAE según la normativa colombiana. Se organiza en tres indicadores institucionales: (Burgos Ayala, 2017).

DP1 — Diagnóstico ambiental participativo, correspondiente al Artículo 2 del Decreto 1743 de 1994, que exige la identificación colectiva de problemáticas ambientales del entorno escolar. Este indicador se verificó en S01 mediante la encuesta de percepción y la cartografía social del páramo. (Cadavid-Velásquez et al., 2021)

DP2 — Articulación curricular y comunitaria, correspondiente a la Política Nacional de Educación Ambiental SINA (Ministerio del Medio Ambiente y MEN, 2002), que establece la integración del PRAE con los proyectos curriculares institucionales y con la comunidad del entorno. Este indicador se activó de manera continua a lo largo de las sesiones de diseño, implementación y comunicación de resultados.

DP3 — Proyección y continuidad del proyecto, correspondiente al Artículo 6 del Decreto 1743 de 1994, que demanda que el PRAE tenga proyección a largo plazo y sea replicable. Este indicador orienta la fase final del semillero: la construcción de la guía metodológica como mecanismo de continuidad e institucionalización.

La lógica operativa de la malla puede describirse así: el docente selecciona, para cada sesión, las estrategias pedagógicas que ejecutará; el instrumento sugiere las competencias STEM y DPRAE que esas estrategias tienden a activar; al finalizar la sesión, el docente confirma qué competencias efectivamente se evidenciaron. Al concluir el ciclo de ocho sesiones, el grafo de relaciones resultante muestra qué áreas STEM se conectaron, con qué frecuencia, a través de qué estrategias



pedagógicas y en relación con cuáles indicadores DPRAE. Ese grafo es la evidencia empírica de la integración STEM real producida por el semillero. (Stringer, 2007)



Figura 2 Mapa mental de la Malla de Competencias STEM-PRAE

Nota. Instrumento de diseño, seguimiento y sistematización del Semillero STEM-PRAE, elaborado como parte del proceso investigativo. Fuente: elaboración propia (2026).

Ejes temáticos y estrategias pedagógicas

El semillero se organizó en cuatro ejes temáticos articulados a las sesiones ejecutadas. El Eje 1: Indagación y reconocimiento del territorio (S01) constituyó la fase de apertura, en la que los estudiantes construyeron un mapa colectivo del Páramo de Guerrero y respondieron la encuesta de percepción como línea de base. El Eje 2: Residuos y desperdicio de alimentos (S03, S04, S05, S06) concentró el trabajo de diseño ingenieril: elaboración de lixiviados orgánicos, producción de biomateriales, formulación de propuestas de intervención y análisis comparativo de resultados. El Eje 3: Agua y ciclo hídrico, vínculo con el páramo (S02) desarrolló la comprensión sistémica del territorio mediante la construcción de un modelo físico del ciclo hídrico y el uso de la plataforma MapBiomás. El Eje 4: Territorio, comunidad y cierre del ciclo (S07, S08) cerró el ciclo con la capacitación en residuos sólidos, separación y compostaje a cargo de la Secretaría de Ambiente (S07), y con la salida de campo al Páramo de Guerrero: diálogo participativo y construcción de cartografía social con una escuela rural del territorio (S08). (Jara Holliday, 2019).

Las dieciséis estrategias pedagógicas que estructuran la malla se organizan en cuatro momentos funcionales. Las estrategias de Apertura (EST-01 a EST-03) tienen como propósito activar saberes previos, establecer vínculos con el territorio y configurar el clima de trabajo colaborativo. Las estrategias de Desarrollo (EST-04 a EST-10) constituyen el núcleo de la experiencia de aprendizaje: incluyen el trabajo por indagación, el ciclo de diseño ingenieril, el análisis de datos y las prácticas de laboratorio situadas. Las estrategias Bisagra (EST-11 a EST-13) son los momentos de transición reflexiva entre ejes temáticos: permiten consolidar aprendizajes, identificar vacíos y ajustar el diseño pedagógico. Las estrategias de Cierre (EST-14 a EST-16) orientan la comunicación de resultados, la coevaluación y la proyección comunitaria de



los hallazgos. Cada estrategia activa simultáneamente competencias de varias áreas STEM; esa simultaneidad es precisamente la integración disciplinar en acción, coherente con el marco de Kelley y Knowles (2016).

En síntesis, la Malla de Competencias STEM-PRAE funciona en dos registros temporales simultáneos: en el registro micro, es un instrumento de planificación y seguimiento sesión por sesión; en el registro macro, es un dispositivo de sistematización que, al concluir el ciclo, permite reconstruir la trayectoria de integración STEM y verificar el cumplimiento progresivo del PRAE. Esta doble función lo convierte en el eje articulador de toda la metodología de la investigación. (Stringer, 2007)

Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información

La recolección de información en esta investigación se realizó mediante cuatro técnicas principales, cada una articulada a una o más categorías de análisis:

Técnica	Instrumento	Relación con categoría de análisis
Observación participante	Bitácoras de campo digitales S01–S08	Transversal: IAP, integración STEM y DPRAE
Encuesta	Cuestionario STEM-PRAE (línea base, 34 estudiantes, S01) STEM	Dimensión SC y percepción inicial
Análisis documental	Malla de Competencias STEM-PRAE (matriz de seguimiento)	Dimensión PRAE (DP1, DP2, DP3) e integración STEM
Técnicas participativas	Cartografía social (S01 y S02)	SC, identidad territorial, DP1



Bitácoras de campo digitales (S01–S08).

Son el instrumento de mayor densidad informativa del proyecto. Cada bitácora está estructurada en diez preguntas que cubren siete dimensiones: temática (P1: eje trabajado en la sesión), estratégica (P2: estrategias pedagógicas ejecutadas), competencial (P3: competencias STEM y DPRAE activadas), descriptiva (P4–P5: descripción del desarrollo de la sesión y de las evidencias de aprendizaje), relacional (P6: conexiones entre áreas disciplinares observadas), normativa (P7: indicadores DPRAE verificados en la sesión) y reflexiva (P8–P10: reflexión docente sobre aciertos, dificultades y decisiones metodológicas para la sesión siguiente). Esta arquitectura corresponde directamente a los momentos del ciclo de la IAP, lo que garantiza la coherencia entre el instrumento de registro y la lógica metodológica de la investigación.

Cuestionario "Cómo Vamos STEM-PRAE".

Aplicado como línea de base en S01 a los 34 estudiantes participantes, este instrumento relevó las percepciones iniciales sobre el vínculo entre las áreas STEM, el PRAE institucional y el territorio del Páramo de Guerrero. Sus resultados orientaron los ajustes de diseño pedagógico realizados antes de S02 y aportarán, en la fase de sistematización, datos de contraste sobre la evolución de las percepciones a lo largo del semillero.

Malla de Competencias STEM-PRAE.

Opera simultáneamente como instrumento de diseño pedagógico y como matriz de seguimiento. En su dimensión de recolección, permite registrar sesión por sesión qué estrategias se ejecutaron, qué competencias se activaron y qué indicadores DPRAE se verificaron. Al final



del ciclo, el conjunto de registros constituye un corpus sistematizable que evidencia la trayectoria de integración STEM producida por el semillero.

Cartografía social. Aplicada en S01 (mapa colectivo del Páramo de Guerrero) y en S02 (uso de MapBiomass para representación del ciclo hídrico), esta técnica participativa permite externalizar el conocimiento territorial de los estudiantes y establecer la relación entre el territorio y las problemáticas del PRAE. Activa de manera directa las competencias SC1 e identidad territorial, y contribuye a la verificación del indicador DP1.

Técnicas de Análisis: Sistematización de Experiencias:

El análisis de la información recolectada se realiza mediante la sistematización de experiencias, propuesta por Oscar Jara Holliday (2019) como un proceso de interpretación crítica que, al reconstruir y explicar la experiencia vivida, permite extraer los aprendizajes que en ella se producen. Para Jara (2019), sistematizar no equivale a describir ni a ordenar cronológicamente los hechos: es producir conocimiento nuevo a partir de la práctica, articulando la reflexión colectiva con el rigor analítico. Este enfoque resulta especialmente pertinente para una investigación que aspira a transformar la experiencia de un semillero escolar en una guía metodológica transferible.

Los cinco pasos de la sistematización, aplicados al presente proyecto, se articulan de la siguiente manera:

Paso 1 — El punto de partida. La experiencia misma. El corpus lo constituyen las ocho sesiones del semillero (S01 a S08), tal como quedaron registradas en las bitácoras de campo digitales, el diario de campo docente y las producciones de los estudiantes.



Paso 2 — Las preguntas iniciales. Dos preguntas rectoras. ¿Para qué sistematizar? Para construir la guía metodológica STEM-PRAE que constituye el producto final de la tesis. ¿Qué sistematizar? La articulación entre el enfoque STEM y el PRAE a lo largo del ciclo del semillero, identificando qué estrategias pedagógicas, en qué condiciones y con qué evidencias, produjeron integración disciplinar real y fortalecimiento de la conciencia ambiental.

Paso 3 — Recuperación del proceso vivido. Los registros de las bitácoras digitales S01–S08 se organizaron en una hoja de cálculo colaborativa (Google Sheets), que permitió visualizar de manera transversal el comportamiento de las categorías de análisis a lo largo del tiempo.

Paso 4 — La reflexión crítica. Este es el momento analítico central: el cruce de las dos categorías de análisis, integración STEM (áreas S, T, E, M y SC) y dimensión PRAE (DP1, DP2, DP3), permite identificar tensiones y aciertos del proceso.

Paso 5 — Los puntos de llegada. Las conclusiones de la sistematización se traducen en dos productos: las orientaciones metodológicas que fundamentan la guía STEM-PRAE, y las lecciones aprendidas sobre las condiciones institucionales, pedagógicas y territoriales que favorecen o dificultan la articulación STEM-PRAE en contextos escolares colombianos. (Jara Holliday, 2019)

Fases del Proyecto

El diseño metodológico del semillero se organiza en cinco fases cuyos nombres evocan la relación de los actores del proceso con el territorio del Páramo de Guerrero. Cada fase tiene un propósito diferenciado, actividades específicas, sesiones correspondientes e instrumentos de recolección asociados.

Fase 1 — "Sentir el suelo" (Diagnóstico). Propósito: identificar problemáticas ambientales del entorno escolar, intereses de los estudiantes y capacidades previas en relación con el PRAE (OE1).
Sesión: S01. Actividades: aplicación del cuestionario de percepción como línea de base (34 estudiantes), construcción del mapa colectivo del páramo mediante cartografía social y socialización del diagnóstico con el grupo. Instrumento: cuestionario "Cómo Vamos STEM-PRAE" y bitácora S01. Indicador DPRAE verificado: DP1.

¿Cuál es la realidad ambiental de mi territorio y qué dice mi PRAE?



Figura 3 Mapeo colectivo de problemáticas del páramo de Guerrero mediante categorización participativa con tarjetas. Sesión S01, semillero Innovers, 2025.

Fase 2 — "Trazar el sendero" (Diseño pedagógico). Propósito: construir la Malla de Competencias STEM-PRAE, seleccionar las estrategias pedagógicas activas y definir los cuatro ejes temáticos del semillero (OE2). Esta fase se ejecutó con anterioridad al ciclo formal de sesiones. Actividades: revisión bibliográfica del marco STEM (Kelley y Knowles, 2016), revisión del PRAE institucional y articulación de la normativa ambiental colombiana con el diseño pedagógico. Instrumento producido: la Malla de Competencias STEM-PRAE. Indicadores DPRAE orientadores: DP2 y DP3.

¿Qué quiero que aprendan mis estudiantes y cómo lo voy a monitorear?



Figura 4 Cartografía social participativa del territorio realizada por estudiantes del semillero. Sesión S02, 2025.

Fase 3 — "Caminar el páramo" (Implementación). Propósito: ejecutar las estrategias pedagógicas activas articuladas a las problemáticas ambientales del entorno escolar (OE2).

Sesiones: S01 a S06. Actividades: modelo físico del ciclo hídrico (S02), elaboración de lixiviados orgánicos (S03), producción de biomateriales (S04), diseño de propuestas de intervención ambiental (S05) y análisis comparativo de resultados (S06). Instrumentos: bitácoras S02–S06 y Malla. Indicadores DPRAE: DP1, DP2 y DP3 de manera progresiva.

¿Cómo organizo las sesiones y cómo registro lo que ocurre?



Figura 5 . Maqueta tridimensional del ecosistema de páramo elaborada con materiales reciclados. Sesión S03, 2025.

Fase 4 — "Escuchar el agua" (Seguimiento). Propósito: recolectar sistemáticamente datos sobre el desarrollo de las sesiones, la participación estudiantil y el cumplimiento de los indicadores DPRAE (OE3). Período: transversal a S01–S08. Actividades: diligenciamiento de bitácoras digitales al término de cada sesión, registro en la hoja de cálculo colaborativa y redacción del diario de campo docente.



¿Cómo sé que el proceso está funcionando y qué ajustes requiere?



Figura 6 Sesión de laboratorio para la elaboración de lixiviados orgánicos y biomateriales. Sesión S04, 2026.

Fase 5 — "Relatar el regreso" (Sistematización). Propósito: reconstruir críticamente la experiencia del semillero para derivar los aprendizajes que fundamentan la guía metodológica (OE4 y OE5). Sesiones: S07 y S08. Actividades del semillero: capacitación en residuos sólidos, separación y compostaje con la Secretaría de Ambiente (S07), y salida de campo al Páramo de Guerrero con diálogo participativo y cartografía social colaborativa con una escuela rural del territorio (S08). La elaboración de la guía metodológica constituye un proceso posterior de

sistematización a cargo de la investigadora principal, siguiendo los cinco pasos de Jara Holliday (2019). Indicador DPRAE central: DP3. La guía se encuentra disponible en acceso abierto en: [\[enlace\]](#)

¿Qué aprendí de esta experiencia y cómo lo convierto en conocimiento transferible para otros educadores?



Figura 7 Producto bioplástico obtenido por estudiantes del semillero a partir de materiales orgánicos. Sesión S05, 2026.

Población y Muestra

La población de esta investigación está constituida por la comunidad educativa del Colegio Innova Schools Zipaquirá, institución privada del municipio de Zipaquirá, Cundinamarca, con modelo pedagógico socioconstructivista y zona de influencia directa en el Páramo de Guerrero.

La muestra formal comprende 34 estudiantes que participaron en el Semillero "Innovers por el Páramo: Guerrero, corazón del territorio" durante el período marzo-mayo de 2026. La muestra se compone de dos subgrupos con roles diferenciados: los representantes ambientales de los grados 1° a 10° (que aportan la perspectiva transversal de toda la básica primaria y secundaria



de la institución) y el grupo de investigación de grado décimo (que participa en el espacio curricular de investigación de profundización y cumple el rol de núcleo motor del semillero, liderando los procesos de indagación, diseño y sistematización).

El criterio de selección muestral es de conveniencia, con dos criterios de inclusión: la participación voluntaria en el semillero y la pertenencia a alguno de los dos subgrupos definidos. Este tipo de muestra es pertinente en investigaciones de IAP, donde lo que se busca no es la representatividad estadística de una población amplia sino la densidad informativa de un grupo de participantes intencionalmente seleccionados por su vínculo con el fenómeno estudiado (Taylor y Bogdan, 1987). El tamaño de la muestra (34 estudiantes) otorga representatividad institucional al proceso: abarca todos los niveles de la básica primaria y secundaria del colegio a través de sus representantes ambientales.

Matriz de Interesados y Beneficiarios

Grupo	Intereses	Expectativas	Problemas previstos	Predisposición	Estrategia de vinculación
Estudiantes grado décimo (núcleo motor)	Desarrollar competencias investigativas; incidir en el PRAE institucional	Que el semillero produzca resultados concretos visibles para la comunidad	Carga académica paralela; articulación con otras materias	Comprometido	Co-diseño pedagógico; reconocimiento institucional de producciones; presentación pública
Docentes de Ciencias y Tecnología	Enriquecer prácticas pedagógicas; acceder a herramientas STEM concretas	Que la guía sea práctica y adaptable	Resistencia al cambio; limitaciones de tiempo curricular	Ambivalente / Solidario	Socialización de avances; participación en la capacitación de residuos sólidos y compostaje (S07) y en la salida de



					campo al páramo (S08)
Directivos institucionales	Cumplimiento normativo PRAE (Decreto 1743); posicionamiento o en sostenibilidad	Evidencias de cumplimiento del PRAE replicables en años siguientes	Restricciones de tiempo y recursos para proyectos transversales	Solidario	Informes de seguimiento por fase; participación en la salida de campo al páramo y cartografía social con escuela rural (S08)
Padres de familia	Formación integral; cambios actitudinales frente al entorno	Observar evidencias de aprendizaje ambiental en sus hijos	Escasa información sobre el alcance; posible percepción de distracción curricular	Neutral / Ambivalente	Comunicación periódica a través de canales institucionales; invitación a la salida de campo al páramo (S08)

Producto Esperado

El producto central de esta investigación es una guía metodológica para la articulación del enfoque STEM con los Proyectos Ambientales Escolares (PRAE), diseñada como constructo pedagógico transferible. A diferencia de un manual prescriptivo, la guía es un documento vivo: propone orientaciones, fases, instrumentos y ejemplos situados en la experiencia del Semillero "Innovers por el Páramo: Guerrero, corazón del territorio", con el propósito explícito de ser adaptada y replicada en otras instituciones educativas colombianas con contextos territoriales y condiciones institucionales diversas. (Wals et al., 2014)



La guía se organiza en torno a las mismas cinco fases del proyecto: diagnóstico participativo (Sentir el suelo), diseño pedagógico (Trazar el sendero), implementación (Caminar el páramo), seguimiento (Escuchar el agua) y sistematización (Relatar el regreso). Para cada fase, la guía incluye: una descripción de los propósitos y la lógica pedagógica; las estrategias activas recomendadas con indicaciones de uso y variantes posibles; los instrumentos de recolección adaptados; los indicadores de articulación con el PRAE institucional; y ejemplos concretos extraídos de las ocho sesiones del semillero.

La Malla de Competencias STEM-PRAE, se incluye como anexo operativo de la guía, con instrucciones detalladas para su uso por parte de docentes de otras instituciones. Su lógica de integración disciplinar, fundamentada en Kelley y Knowles (2016) y contextualizada en la Visión STEM+ Colombia (MEN & Parque Explora, 2022), permite que sea adoptada en diferentes configuraciones curriculares sin perder su coherencia metodológica.

Cronograma

La siguiente tabla presenta el cronograma del proyecto en formato Gantt simplificado para el período marzo-mayo de 2026 (ocho semanas):

Fase	Actividad principal	Sem 1 (mar 16-20)	Sem 2 (mar 23-27)	Sem 3 (mar 30-abr 3)	Sem 4 (abr 6-10)	Sem 5 (abr 13-17)	Sem 6 (abr 20-24)	Sem 7 (abr 27-may 1)	Sem 8 (may 4-14)
Diagnóstico	Encuesta de percepción (línea base) y cartografía social (S01)	X							
Diseño e implementación	S02: modelo físico del ciclo hídrico y MapBiomás		X						
Diseño e implementación	S03-S04: lixiviados orgánicos y biomateriales			X	X				



Diseño e implementación	S05–S06: propuestas de intervención y análisis comparativo					X	X
Seguimiento	Bitácoras digitales y matrices de la malla (S01–S06)	X	X	X	X	X	X
Sistematización	Organización de bitácoras en hoja de cálculo colaborativa						X
Sistematización	S07: capacitación en residuos sólidos, separación y compostaje (Secretaría de Ambiente)						X
Sistematización	S08: salida de campo al Páramo de Guerrero — diálogo participativo y cartografía social con escuela rural						X
Sistematización	Construcción de la guía metodológica — sistematización de la investigadora principal (proceso posterior al ciclo)					X	X

Resultados y análisis de resultados

Sentir el suelo — Fase 1: Diagnóstico participativo

La fase diagnóstica se desarrolló durante la sesión inaugural (S01, marzo de 2026) mediante la aplicación de una encuesta de línea base a 33 estudiantes de grados primero a décimo. El instrumento recogió información sobre cuatro dimensiones: STEM, Ambiental, Páramo y Sociocultural. Los promedios obtenidos en escala Likert (1-5) revelaron un perfil diferenciado: la dimensión STEM alcanzó 4,36/5, impulsada por el ítem de interés en ciencia y tecnología ($P1 = 4,85$), aunque con una brecha notable en matemáticas ($P2 = 3,38$); la dimensión Sociocultural obtuvo 4,29/5, con valores altos en trabajo en equipo ($P16 = 4,76$) y escucha activa entre pares



(P20 = 4,70). En contraste, la dimensión Ambiental registró el promedio más bajo (3,03/5), con el ítem sobre desperdicio de comida en posición crítica (P8 = 1,76). La dimensión Páramo obtuvo 3,73/5, con una tensión interna significativa: alta curiosidad por el ecosistema (P12 = 4,67) frente a dificultades concretas para ubicarlo cartográficamente (P11 = 2,52). (Ramos-Lizcano et al., 2022) (Ramos-Lizcano et al., 2022).



Figura 8 Análisis de coberturas del páramo de Guerrero mediante MapBiomias. Sesión S07, 2026.

Las respuestas abiertas (n = 22 legibles) complementaron el diagnóstico cuantitativo. Ante la pregunta por el problema ambiental más preocupante, al menos quince participantes señalaron los residuos sólidos y la basura; ocho mencionaron explícitamente el desperdicio de alimentos en la cafetería institucional. El páramo fue definido mayoritariamente como fuente o reserva de agua



(más de 12 respuestas), y siete estudiantes lo asociaron con frailejones y flora endémica. Respecto a las expectativas de aprendizaje, las respuestas convergieron en tres orientaciones: cuidar el medio ambiente (más de 10), conocer el páramo y sus especies (6) y crear soluciones tecnológicas (5). Paralelamente, los estudiantes de grado décimo realizaron entrevistas al personal de aseo y cafetería, que confirmaron la ausencia de protocolos de separación de residuos orgánicos en la institución. Esta fase activó las competencias científicas S1 y de Ingeniería y Diseño E1, junto con las competencias sociocomunitarias SC1 y SC2, correspondientes al indicador de diagnóstico y reconocimiento (DP1) de la malla STEM-PRAE (Kelley & Knowles, 2016). (Burgos Ayala, 2017)

Trazar el sendero — Fase 2: Diseño pedagógico

Con base en los hallazgos de la fase anterior, se diseñó la malla de competencias STEM-PRAE, estructurada en cinco áreas (Científica, Tecnológica, Ingeniería y Diseño, Matemática y Sociocomunitaria), quince competencias y tres indicadores progresivos de desempeño (DP1, DP2, DP3). De manera articulada se elaboró una secuencia de 16 estrategias pedagógicas (EST-01 a EST-16) organizadas en cuatro momentos didácticos: Apertura, Desarrollo, Bisagra y Cierre. Este andamiaje curricular orientó la totalidad de las sesiones subsiguientes y operó como instrumento dinámico, ajustado de forma iterativa conforme avanzaba la implementación, en consonancia con la lógica de la Investigación Acción Participativa (IAP) (Kemmis & McTaggart, 1988). La fase activó competencias tecnológicas T2 y T3, matemáticas M1 y de Ingeniería y Diseño E1 a E3, e incorporó los indicadores DP1 y DP2. (Holmlund et al., 2018)

Caminar el páramo — Fase 3: Implementación



La implementación abarcó la totalidad de las ocho sesiones del ciclo (S02 a S08). En S02 los estudiantes emplearon la plataforma MapBiomás para construir cartografía digital del Páramo de Guerrero y elaboraron un modelo físico funcional del ciclo hídrico con materiales reutilizados, articulando competencias científicas, tecnológicas y matemáticas (S1, S2, S3, T2, M1). En S03 se llevó a cabo un laboratorio de lixiviados orgánicos mediante fermentación anaeróbica de cáscaras de frutas, proceso que requirió registro sistemático de variables y activó las competencias E1 y M1. S04 incorporó la producción de biomateriales y bioplástico con pesajes precisos y control de variables; los estudiantes de primaria participaron en el diseño imaginativo de usos para el material obtenido, integrando las competencias E2 y SC3 (indicadores DP2 y DP3). (Blanchard et al., 2023) (Blanchard et al., 2023) (Gavari-Starkie et al., 2024)



Figura 9 Salida de campo al páramo de Guerrero con estudiantes del semillero. Sesión S08, mayo 2026.

S05 constituyó un hito en materia de mediación pedagógica entre pares: representantes ambientales y estudiantes de grado décimo guiaron a cursos de primaria en la construcción de una maqueta del páramo con materiales reciclados. El nivel de apropiación evidenciado situó a los



mediadores en un rol de liderazgo estudiantil genuino, inscribiendo el proceso en dinámicas de agencia juvenil que la IAP reconoce como motor de transformación comunitaria (Fals Borda, 1985). Simultáneamente se consolidó la propuesta de intervención en la electiva de profundización de grado décimo. En S06 y S07 el eje fue la gestión de residuos orgánicos: se inició un proceso de compostaje para verificar la compostabilidad del bioplástico producido en S04, se diseñó una compostera en TinkerCAD para eventual impresión 3D, y se realizaron pesajes sistemáticos de residuos generados en la cafetería institucional. Los datos cuantitativos de pesaje se consolidaron en gráficas durante S07, activando las competencias M1 y M2, junto con T2, T3 y SC3 (indicadores DP2 y DP3).

Como resultado emergente de la articulación entre el espacio curricular de investigación de grado décimo y los representantes ambientales del semillero, un equipo mixto de estudiantes presentó una propuesta de solución al problema de separación de residuos orgánicos mediante inteligencia artificial al concurso Desafía la Educación, convocado por la Universidad de los Andes, resultando ganador en mayo de 2026. Este logro no estaba previsto en el diseño inicial; surgió de la confluencia entre el capital de experiencia acumulado en las sesiones, el trabajo colaborativo intergeneracional y la visibilidad que el proceso investigativo otorgó al problema de residuos en la institución. (Jara Holliday, 2019)



Figura 10 Estudiantes del semillero explorando Teachable Machine como herramienta de inteligencia artificial aplicada a la clasificación de residuos orgánicos.

Escuchar el agua — Fase 4: Seguimiento y reflexión

El seguimiento se realizó de forma continua a través de bitácoras de sesión y registros de campo elaborados por los estudiantes y la docente investigadora. Los instrumentos permitieron rastrear la progresión de competencias y ajustar estrategias en tiempo real. La sesión S08 (15 de mayo de 2026) se desarrolló como salida de campo al Páramo de Guerrero, donde los 18 estudiantes de bachillerato del semillero PRAE visitaron la una institucion rural en el territorio de Zipaquirá ubicada dentro del Paramo Guerrero. Los estudiantes de la escuela rural guiaron el

recorrido y compartieron su conocimiento del territorio; se realizó un diálogo participativo intercultural y la construcción colaborativa de cartografía social en papel con materiales básicos y el mapa de Zipaquirá como referencia territorial. La reflexión sistemática sobre los datos acumulados confirmó que la dimensión Ambiental, la más débil en la línea base, experimentó el mayor grado de intervención curricular directa a lo largo del proceso. (Kemmis & McTaggart, 1988) (Shier, 2001) (Stringer, 2007).

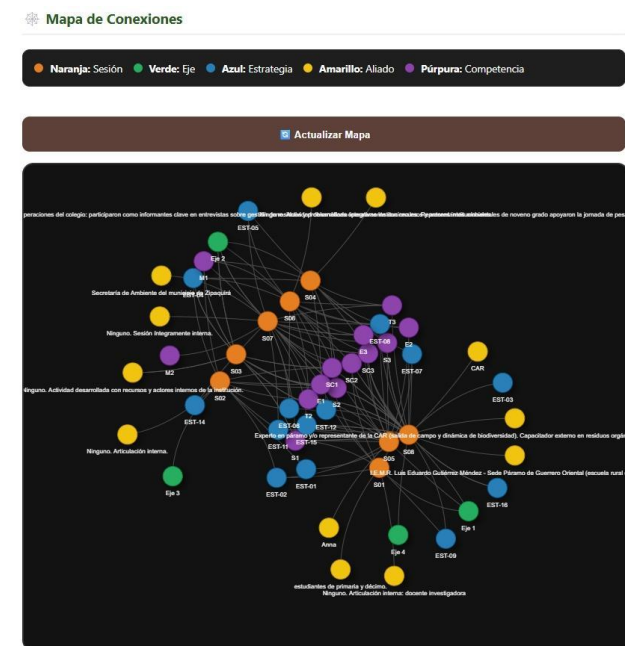


Figura 11 Grafo de interconexión entre sesiones, competencias, estrategias y aliados del semillero generado como instrumento de seguimiento y análisis.

Como soporte analítico del seguimiento, se diseñó e implementó una herramienta de gestión del conocimiento basada en grafos de interconexión, construida sobre un entorno de scripting web propio que genera en tiempo real un mapa de red de las relaciones entre los nodos



del proceso: sesiones (nodos centrales), ejes temáticos, estrategias pedagógicas, aliados comunitarios y competencias STEM-PRAE activadas. Esta herramienta no fue aplicada a los estudiantes ni operó como instrumento de recolección de datos; su función fue exclusivamente analítica, al servicio de la investigadora (Craig et al., 2021). El análisis del grafo sobre las ocho sesiones ejecutadas reveló que las áreas Científica (S) y Sociocultural (SC) concentraron la mayor densidad de activación, con las conexiones más altas entre todas las áreas, y que los pares S-E, S-SC y E-SC co-ocurrieron en la totalidad de las sesiones ejecutadas (8/8), lo que constituye evidencia empírica de la integración transversal que postula el modelo de Kelley y Knowles (2016). Las competencias constituyen evidencia empírica de la integración transversal que postula el modelo de Kelley y Knowles (2016). Las competencias SC1, S2 y M1 emergieron como los nodos de mayor centralidad (presentes en cinco de siete sesiones), mientras que T1, M2 y M3 registraron baja o nula activación, señalando brechas que la guía metodológica debe reforzar en futuras implementaciones. La sesión S08, desarrollada como salida de campo al Páramo de Guerrero, fue la única en articular simultáneamente los tres indicadores DPRAE (DP1, DP2 y DP3) junto con el mayor nivel de activación de competencias SC, constituyendo el momento de mayor densidad pedagógica e institucional del ciclo. La herramienta, por su carácter transferible, se propone como componente complementario de la guía metodológica, de modo que cualquier docente que la adopte pueda replicar el análisis de red en su propia institución.

Relatar el regreso — Fase 5: Sistematización

La sistematización produjo la guía metodológica STEM-PRAE, producto final de la investigación. El documento de veinti nueve páginas condensa las cinco etapas del proceso en un



instrumento replicable para docentes de educación básica y media que busquen articular la educación STEM con proyectos ambientales escolares. La guía emergió de manera progresiva a lo largo de todo el proceso de IAP; no fue concebida a priori, sino construida desde la experiencia acumulada, lo que garantiza su pertinencia contextual y su coherencia con los principios de producción de conocimiento situado (Haraway, 1988). (Wals et al., 2014).

Síntesis integradora

El recorrido por las cinco fases evidencia una progresión articulada en los tres indicadores de la malla STEM-PRAE: el indicador DP1 (Diagnóstico-Reconocimiento) ancló el proceso en datos reales sobre el territorio y la comunidad escolar; el indicador DP2 (Diseño-Propuesta) tradujo ese diagnóstico en instrumentos curriculares y experiencias pedagógicas situadas; y el indicador DP3 (Implementación-Sistematización) materializó el ciclo en productos concretos, datos de pesaje, modelos físicos, diseños digitales, mediación entre pares, reconocimiento en un concurso de innovación nacional y una guía metodológica transferible, que constituyen evidencia robusta del alcance transformador de una investigación educativa concebida desde y para la comunidad (Kemmis & McTaggart, 1988; Kelley & Knowles, 2016).

Conclusiones

El presente proyecto investigativo buscó diseñar una guía metodológica que articulara el enfoque STEM con los Proyectos Ambientales Escolares (PRAE) a través de la figura del sembrero de investigación. A lo largo de las ocho sesiones implementadas entre marzo y mayo de



2026, el proceso produjo resultados concretos en cada uno de los objetivos específicos trazados, los cuales se sintetizan a continuación.

En relación con el diagnóstico del estado inicial de las competencias STEM y PRAE (OE1), la aplicación de la línea base en la sesión S01 permitió identificar con precisión los puntos de partida del grupo. La dimensión Ambiental fue la que registró el promedio más bajo del conjunto (3,03/5), y el ítem relativo al desperdicio de comida constituyó la brecha más crítica (1,76/5). Estos resultados no solo orientaron el diseño de las sesiones siguientes, sino que evidenciaron la necesidad de un instrumento diagnóstico que sea simultáneamente sensible a las particularidades del territorio y operativo para el docente de aula. La posición de la investigadora como parte constitutiva del ecosistema educativo fue determinante en esta fase: el conocimiento situado no operó como sesgo sino como condición de posibilidad para leer con rigor la realidad del grupo (Haraway, 1988; Freire, 1970). La Investigación Acción Participativa exige que quien investiga forme parte del campo, y esa implicación produjo una lectura más fina de los datos iniciales de lo que habría permitido un observador externo (Colmenares & Piñero, 2008).

En cuanto al diseño de la malla de competencias STEM-PRAE (OE2), el proceso de construcción de la malla, con cinco áreas (S, T, E, M, SC), quince competencias y tres indicadores PRAE (DP1, DP2, DP3), representa el aporte instrumental más original del proyecto. La inclusión de las competencias PRAE como subgrupo diferenciado no responde únicamente a una lógica de articulación conceptual: responde a la necesidad de garantizar que el proceso cumpla con lo que la legislación colombiana exige de todo PRAE activo (Ley 1549/2012; Decreto 1743/1994). Un currículo STEM puede integrar contenidos ambientales sin por ello satisfacer los criterios de



participación, formación ciudadana y vinculación comunitaria que la norma prescribe. La malla hace eso operativo y medible, en consonancia con lo señalado por Kelley y Knowles (2016). La malla operacionaliza asimismo un principio frecuentemente malinterpretado: no se requiere activar los cinco dominios en cada sesión; la articulación es gradual y basta con que al menos dos áreas confluyan de manera intencional para que la sesión sea STEM en sentido propio (Kelley & Knowles, 2016).

Respecto a la implementación de las sesiones del semillero (OE3), los datos del ciclo completo muestran que el diseño adaptativo fue un elemento estructural, no un déficit del planeamiento. El par de dimensiones S-E, el par S-SC y el par E-SC co-ocurrieron en la totalidad de las ocho sesiones, lo que indica una articulación sistemática y no accidental entre ciencia, ingeniería y componente sociocomunitario. El componente SC es el eje integrador que dota de cohesión al ecosistema STEM (Kelley & Knowles, 2016; Fals Borda, 1985). La implementación puso de manifiesto también que la tecnología en contextos de recursos limitados no equivale necesariamente a dispositivos digitales: el bioplástico elaborado con almidón de yuca, los modelos en plastilina y el sistema de compostaje son expresiones legítimas de la dimensión T, en tanto implican diseño, iteración y aplicación de principios científicos para resolver problemas reales (Strimel & Grubbs, 2016). La T de STEM es accesible para cualquier institución, independientemente de su dotación tecnológica. La arquitectura del semillero, 34 estudiantes representantes de grados 1° a 10°, con un grupo de investigación en décimo, funcionó como forma de gobierno estudiantil ambiental con representación genuina (Shier, 2001; Hart, 1992). La



flexibilidad del plan no fue falla: fue condición de posibilidad del enfoque (Mackness et al., 2012; Kemmis & McTaggart, 1988).

En lo que concierne al seguimiento mediante el grafo y las bitácoras (OE4), el grafo de interconexión de competencias cumplió una doble función analítica: permitió rendir cuentas pedagógicamente sobre la cobertura de la malla y reveló patrones emergentes no visibles mediante instrumentos convencionales (Craig et al., 2021). Los nodos SC1, S2 y M1 mostraron la mayor centralidad, mientras que T1, M2 y M3 quedaron subactivados, configurando una agenda concreta de mejora. La sesión S08 emergió como la de mayor densidad pedagógica al ser la única en activar simultáneamente los tres indicadores PRAE (DP1, DP2, DP3). El seguimiento documentó también un resultado no anticipado: el equipo mixto del semillero obtuvo el primer lugar en el concurso Desafía la Educación (Universidad de los Andes, mayo 2026), evidencia de que el proceso generó capacidades investigativas transferibles a contextos competitivos externos.

En cuanto a la sistematización de la experiencia en la guía metodológica (OE5), el producto que emergió del proceso, una guía de veinte páginas, no fue diseñado a priori sino construido inductivamente a partir de la práctica documentada. Es una sistematización en el sentido que Jara Holliday (2019) atribuye al término: una producción de conocimiento desde y sobre la experiencia. La dimensión Ambiental, la más baja en la línea base, recibió el mayor grado de intervención curricular directa a lo largo del ciclo, lo que indica que el proceso fue sensible a sus propios diagnósticos. La guía recoge ese trayecto y lo pone a disposición de otros docentes como punto de partida, no como receta (Colmenares, 2012).

Visión prospectiva del proyecto



El cierre del primer ciclo de Investigación Acción Participativa no representa el término del proyecto sino el inicio de su fase de mayor alcance. La guía metodológica STEM-PRAE producida en este ciclo es, ante todo, un artefacto pedagógico situado: emergió de un contexto específico, el semillero "Innovers por el Páramo" en Innova Schools Zipaquirá, está atravesada por la singularidad del territorio del páramo de Guerrero y fue construida en diálogo permanente con los saberes de los estudiantes que participaron en su elaboración. Esa situacionalidad es su mayor fortaleza analítica y el punto de partida para el segundo ciclo (Colmenares, 2012; Jara Holliday, 2019).

Segundo ciclo de IAP: transferencia y ajuste colaborativo

El segundo ciclo tiene como objetivo prioritario someter la guía a procesos de transferencia y revisión crítica en contextos distintos al de su origen. Kemmis y McTaggart (1988) advierten que la IAP cobra su pleno sentido transformador cuando los ciclos sucesivos amplían la comunidad de práctica; Whitehead (1989) subraya que el conocimiento pedagógico generado por docentes investigadores solo se consolida cuando es sometido a la interrogación de otros practicantes. Quien adapta la guía no la aplica, la recrea. La guía deja de ser producto de un semillero para convertirse en insumo de una comunidad más amplia de docentes investigadores en educación STEM-PRAE (Jara Holliday, 2019; Colmenares, 2012).

La institución educativa rural aliada como aliada estratégica

La sesión S08 constituyó un hito que trasciende su función de cierre de ciclo. La salida de campo al páramo de Guerrero en compañía de estudiantes de la institución educativa rural aliada



convirtió el proyecto en un ejercicio de diálogo de saberes entre conocimiento escolar urbano y conocimiento territorial rural (Walsh, 2012; Gruenewald, 2003). Ese encuentro fue epistemológico: los estudiantes rurales portaban una relación con el páramo no mediada por la abstracción curricular sino por la experiencia cotidiana del territorio.

Por ello, la I.E. rural aliada se proyecta como el aliado estratégico privilegiado para el segundo ciclo de IAP. Una alianza entre las dos instituciones permitiría construir una versión intercultural de la guía, en la que la pedagogía del lugar (Gruenewald, 2003) sea una práctica de co-diseño entre saberes escolares urbanos y rurales. Esta es una de las líneas prospectivas con mayor potencial de originalidad e impacto social del proyecto.

El grafo de interconexión como componente transferible

Uno de los hallazgos metodológicos del ciclo es que el grafo de interconexión, concebido inicialmente como herramienta analítica de la investigadora, tiene condiciones para convertirse en un componente transferible de la guía. Craig et al. (2021) señala que las representaciones en red permiten no solo visualizar patrones sino también anticipar nodos de fragilidad. Para el segundo ciclo se propone adaptarlo a una forma de uso docente implementable con herramientas accesibles, incluyendo representaciones manuales en papel para contextos sin conectividad.

Las brechas detectadas como agenda de mejora

El análisis del grafo identificó tres nodos subactivados: T1 (diseño tecnológico sistemático), M2 (modelamiento matemático aplicado) y M3 (cuantificación y análisis de datos ambientales). La sub-representación de la dimensión matemática es un problema estructural reconocido en la



literatura sobre implementación STEM en contextos iberoamericanos (Kelley & Knowles, 2016). La guía revisada deberá incluir protocolos específicos para la incorporación de la modelización matemática, conteo de especies, medición de variables hídricas, representación gráfica de datos de campo, de modo que la M no dependa de la voluntad individual del docente sino de la estructura de las actividades.

Visión de largo plazo: STEM-PRAE sin barreras

La visión de largo plazo del proyecto es que cualquier docente de cualquier área, en cualquier institución educativa colombiana con PRAE activo, pueda implementar la articulación STEM-PRAE con los recursos disponibles: con tecnología digital o sin ella, con laboratorio o sin él, en zona urbana o rural. Jara Holliday (2019) recuerda que la sistematización de experiencias tiene un horizonte político: no solo produce conocimiento, sino que lo pone en circulación para que otros puedan transformar su práctica. La guía metodológica STEM-PRAE no es el destino del proyecto; es el primer instrumento con el que ese horizonte comienza a volverse alcanzable.

Consideraciones éticas

El presente proyecto se desarrolló en el marco de la Investigación Acción Participativa con participantes humanos, en su mayoría menores de edad, lo que exigió el cumplimiento riguroso de principios éticos en cada fase del proceso.



En relación con el consentimiento informado, se obtuvo autorización escrita de los padres o acudientes de los 34 estudiantes participantes del semillero, representantes ambientales de los grados 1° a 10°, así como del grupo de investigación de grado décimo. Los estudiantes recibieron información clara sobre los propósitos del semillero, su carácter voluntario y la posibilidad de retirarse en cualquier momento sin consecuencias académicas. La sesión S08, desarrollada como salida de campo al páramo de Guerrero, incluyó un encuentro con estudiantes de una institución educativa rural de Zipaquirá en su propio territorio; dicha participación tuvo carácter espontáneo y comunitario, y no implicó recolección de datos personales sobre esos participantes externos (Ministerio de Salud de Colombia, 1993).

En cuanto al rol de la investigadora, su posición simultánea como docente y como investigadora implicó una reflexividad permanente sobre el ejercicio del poder dentro del grupo. Las decisiones pedagógicas y las decisiones investigativas fueron deliberadamente diferenciadas: la participación en el semillero no tuvo incidencia en la evaluación académica de los estudiantes, y los instrumentos de recolección de información, bitácoras, encuestas, diario de campo, fueron aplicados con carácter voluntario y anónimo cuando así lo requería la naturaleza del dato (Benjamin-Thomas et al., 2024).

Respecto al manejo de la información, todos los datos recolectados se utilizaron exclusivamente con fines investigativos. Las bitácoras y registros fotográficos se almacenan en repositorios de acceso restringido. En ningún caso se publicaron datos que permitieran identificar individualmente a los participantes sin su autorización explícita.



Finalmente, el proyecto se acoge a los principios establecidos en la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia, que regula la investigación con seres humanos, y a los lineamientos éticos de la Universidad Santo Tomás para trabajos de grado con participación comunitaria.



Referencias

1. Acosta-Castellanos, P. M., Queiruga-Dios, A., & Camargo-Mariño, J. A. (2024). Environmental education for sustainable development in engineering education in Colombia. *Frontiers in Education*, 9, 1306522. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1306522>
2. Arboleda Rodríguez, L. M., Bravo Arteaga, E. D., & Samboni Imbachi, E. J. (2022). Proyecto Escolar Ambiental (PRAE): Estrategia pedagógica de sensibilización y cuidado del medio ambiente para la Institución Educativa Pio XII del Municipio de Mocoa (Putumayo). Fundación Universitaria del Área Andina. <https://digitk.areandina.edu.co/entities/publication/204c41e4-154d-4773-bec8-f1a558931ef6>
3. Avendano-Uribe, B. E., Lombana-Bermudez, A., Flórez, L. V., Chaparro, E., Hernandez-Morales, A. C., Archbold, J., Buitrago-Casas, J. C., & Porras, A. M. (2022). Engaging scientific diasporas in STEAM education: The case of Science Clubs Colombia. *Frontiers in Research Metrics and Analytics*, 7, 898167. <https://doi.org/10.3389/frma.2022.898167>
4. Abu-Salih, B., & Alotaibi, S. (2024). A systematic literature review of knowledge graph construction and application in education. *Heliyon*, 10, e25383. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25383>
5. Barrero Navarro, A., & Rojas Bahamón, M. J. (2025). Estrategias pedagógicas para la educación ambiental en básica primaria. *Academy & Entrepreneurship Journal*, 21(2S). <https://doi.org/10.34069/AJ/2025.86.02.20>
6. Benjamin-Thomas, T. E., Laliberte Rudman, D., & Gunaseelan, J. (2024). Navigating ethical tensions through critical reflexivity: A participatory filmmaking research project with children with disabilities. *Journal of Participatory Research Methods*, 5(3). <https://doi.org/10.35844/001c.123401>
7. Blanchard, M. R., Gutierrez, K. S., Habig, B., Appleby, R., Brown, A., & Golightly, M. (2023). Why do students attend STEM clubs, what do they get out of it, and where are they heading? *Education Sciences*, 13(5), 480. <https://doi.org/10.3390/educsci13050480>
8. Breiner, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C., & Koehler, C. M. (2012). What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. *School Science and Mathematics*, 112(1), 3–11. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2011.00109.x>
9. Burgos Ayala, A. (2017). Estado de los proyectos ambientales escolares en Boyacá. *Luna Azul*, (44), 39–58. <https://doi.org/10.17151/luaz.2017.44.4>
10. Bybee, R. W. (2013). The case for STEM education: Challenges and opportunities. National Science Teachers Association Press.
11. Cadavid-Velásquez, B., Henao-Castro, A. F., & Flórez-Nisperuza, E. P. (2021). Educación ambiental y PRAE: tensiones y posibilidades. *Revista Boletín REDIPE*, 10(7), 84–96. <https://doi.org/10.36260/rbr.v10i7.1349>
12. Carrillo García, L. E. (2017). La formación de los jóvenes en liderazgo ambiental como un factor de apropiación territorial. *Nodos y Nudos*, 5(42). <https://doi.org/10.17227/nyn.vol5.num42-8029>



13. Colmenares, A. M. (2012). Investigación-acción participativa: una metodología integradora del conocimiento y la acción. *Voces y Silencios: Revista Latinoamericana de Educación*, 3(1), 102–115. <https://revistas.uniandes.edu.co/index.php/vys/article/view/7540>
14. Colmenares, A. M., & Piñero, M. L. (2008). La investigación acción: una herramienta metodológica heurística para la comprensión y transformación de realidades y prácticas socio-educativas. *Laurus*, 14(27), 96–114. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=76111892006>
15. Craig, K., Danish, J. A., Humburg, M., Hmelo-Silver, C., Szostalo, M., & McCranie, A. (2021). Net.Create: Network visualization to support collaborative historical knowledge building. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 16, 185–223. <https://doi.org/10.1007/s11412-021-09343-9>
16. Davis, E. A., Janssen, F. J. J. M., & van Driel, J. H. (2023). Teachers and science curriculum materials: Where we are and where we need to go. *Studies in Science Education*, 59(1), 1–23. <https://doi.org/10.1080/03057267.2022.2105000>
17. Diazgranados, M., Tovar, C., Castellanos-Castro, C., Etherington, T. R., Rodríguez-Zorro, P. A., Galvis Rueda, M., & Flantua, S. G. A. (2021). Ecosystem services show variable responses to future climate conditions in the Colombian páramos. *PeerJ*, 9, e11370. <https://doi.org/10.7717/peerj.11370>
18. English, L. D. (2016). STEM education K-12: Perspectives on integration. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 3. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0036-1>
19. Espinosa Rojas, D., & Castaño Barrera, O. M. (2022). Estado del arte de las investigaciones en Proyectos Ambientales Escolares (PRAE) en Colombia. *Bio-grafía. Escritos sobre la Biología y su Enseñanza*, 15(28). <https://doi.org/10.17227/bio-grafia.vol.15.num28-16530>
20. Fals Borda, O. (1985). *Conocimiento y poder popular: Lecciones con campesinos de Nicaragua, México y Colombia*. Siglo XXI Editores.
21. Freire, P. (1970). *Pedagogía del oprimido*. Siglo XXI Editores.
22. Galvis Riaño, C. A., Betancurt Ríos, C. A., & Hernández Suárez, C. A. (2019). Educación ambiental en contextos rurales: una perspectiva desde los docentes colombianos. *Contextos Educativos*, (24). <https://doi.org/10.18172/CON.3519>
23. García Cabana, A. C., & Robayo Triviño, D. A. (2021). Reflexiones sobre las perspectivas de sostenibilidad ambiental e institucional para la planeación territorial de los sistemas socioecológicos de páramo y bosque altoandino en Colombia. *Investigación & Desarrollo*, 29(2). <https://doi.org/10.14482/INDES.29.2.333.7>
24. Gavari-Starkie, E., Espinosa-Gutiérrez, P. T., Lucini-Baquero, C., & Pastrana-Huguet, J. (2024). Importance of STEM and STEAM education for improvement of the land in the rural environment: Examples in Latin America. *Land*, 13(3), 274. <https://doi.org/10.3390/land13030274>
25. Genes Paternina, L. (2025). Educación Ambiental en Colombia: Integración de enfoques interdisciplinario y sistémico en los Proyectos Ambientales Escolares. *Omnia*, 31(1), 181–197. <https://www.produccioncientificaluz.org/index.php/omnia/article/view/44529>



26. González Gaudiano, E. J., & Ortega, M. A. (2009). La educación ambiental institucionalizada: actos fallidos y horizontes de posibilidad. *Perfiles Educativos*, 31(124), 58–70. <https://doi.org/10.22201/IISUE.24486167E.2009.124.18835>
27. Gruenewald, D. A. (2003). The best of both worlds: A critical pedagogy of place. *Educational Researcher*, 32(4), 3–10. <https://doi.org/10.3102/0013189X032004003>
28. Habermas, J. (1972). *Knowledge and human interests*. Beacon Press.
29. Haraway, D. (1988). Situated knowledges: The science question in feminism and the privilege of partial perspective. *Feminist Studies*, 14(3), 575–599. <https://doi.org/10.2307/3178066>
30. Hart, R. A. (1992). *Children's participation: From tokenism to citizenship* (Innocenti Essays No. 4). UNICEF International Child Development Centre.
31. Henao Hueso, O., & Sánchez Arce, L. R. (2019). La educación ambiental desde la interdisciplinariedad en la Educación Básica Secundaria. *Tecnohumanismo*. <https://doi.org/10.53673/th.v3i2.222>
32. Henao-Castro, A. F., & Vives-Hurtado, M. P. (2025). Educación ambiental crítica y formación docente: tensiones y posibilidades en el contexto colombiano. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (57), 84–100. <https://doi.org/10.17227/ted.num57-19074>
33. Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn? *Educational Psychology Review*, 16(3), 235–266. <https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3>
34. Holmlund, T. D., Lesseig, K., & Slavit, D. (2018). Making sense of STEM education in K–12 contexts. *International Journal of STEM Education*, 5(1), 32. <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0127-2>
35. Jara Holliday, O. (2019). La sistematización de experiencias: práctica y teoría para otros mundos posibles. CINDE. <https://cepalforja.org/sistem/bvirtual/?p=1859>
36. Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 11. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
37. Kemmis, S., & McTaggart, R. (1988). *The action research planner* (3.^a ed.). Deakin University Press.
38. Kopbossyn, A., Laiskhanov, S., Aksoy, B., Tokbergenova, A., Nametkulov, M., & Kozybakova, A. (2025). Integrated STEM for sustainability in school and early teacher education: a systematic review (2019–2025). *Frontiers in Education*. <https://doi.org/10.3389/educ.2025.1697058>
39. Lederman, N. G., & Lederman, J. (2019). Teaching and learning nature of scientific knowledge and scientific inquiry. *Journal of Science Teacher Education*, 30(7), 737–745. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2019.1625572>
40. Lewin, K. (1946). Action research and minority problems. *Journal of Social Issues*, 2(4), 34–46. <https://doi.org/10.1111/j.1540-4560.1946.tb02295.x>
41. Martínez-Chico, M., Jiménez-Liso, M. R., & López-Gay, R. (2015). Efecto de un programa formativo para enseñar ciencias por indagación basada en modelos. *Revista Eureka sobre*



- Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 12(1), 149–166.
https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2015.v12.i1.10
42. 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>
43. Mendoza-Alba, C. A., Pedraza-Jiménez, Y., & Hernández-Barbosa, R. (2023). El proyecto ambiental escolar (PRAE) en la construcción de comunidad: una experiencia de educación ambiental en contexto rural. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (54), 46–63. <https://doi.org/10.17227/ted.num54-18711>
44. Ministerio de Educación Nacional, Organización de Estados Iberoamericanos (OEI), & Parque Explora. (2022). Plan de estudios Ruta STEM 2022 por sistemas. Ministerio de Educación Nacional de Colombia.
45. Ministerio de Educación Nacional. (1994). Decreto 1743 de agosto 3 de 1994, por el cual se instituye el Proyecto de Educación Ambiental. <https://www.mineduacion.gov.co/portal/normativa/Decretos/104167:Decreto-1743-de-Agosto-3-de-1994>
46. Ministerio de Educación Nacional. (2022). Visión STEM+: Educación expandida para la vida (1.^a ed.). Imágenes y Texto Ltda. https://www.colombiaaprende.edu.co/sites/default/files/files_public/2022-08/Documento%20Visi%C3%B3n%20STEM%2B.pdf
47. Ministerio de Salud de Colombia. (1993). Resolución 8430 de 1993, por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/RESOLUCION-8430-DE-1993.PDF>
48. Ministerio del Medio Ambiente, & Ministerio de Educación Nacional. (2002). Política nacional de educación ambiental SINA. <https://www.cvc.gov.co/sites/default/files/2018-10/Politica%20nacional%20de%20educacion%20ambiental%202002.pdf>
49. Moreno-Guerrero, A.-J., Rodríguez-Jiménez, C., Hinojo-Lucena, F.-J., Ramos Navas-Parejo, M., & Duó-Terrón, P. (2020). Scientific performance and mapping of the term STEM in education on the Web of Science. *Sustainability*, 12(6), 2279. <https://doi.org/10.3390/su12062279>
50. Murad, C., Huguet, C., & Pearse, J. (2024). Multitemporal monitoring of paramos as critical water sources in Central Colombia. *Scientific Reports*, 14, 15432. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-67563-z>
51. Ojeda-González, G. P., & Castro-Moreno, J. A. (2023). Los proyectos ambientales escolares (PRAE) y la educación ambiental comunitaria (EAC): encuentros y desencuentros en las orientaciones curriculares colombianas. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 54, 84–101. <https://doi.org/10.17227/ted.num54-17608>
52. Oviedo Priolo, K. A., & Muñoz Hernández, H. M. (2026). Determinantes sociodemográficos y estructurales en la gestión de semilleros de investigación. *Brazilian Journal of Business*, 8(1). <https://doi.org/10.34140/bjbv8n1-040>



53. Pérez-Vásquez, N., Cadavid-Velásquez, B., & Flórez-Nisperuza, E. (2021). La educación ambiental: una tarea inconclusa desde los proyectos ambientales escolares. *Revista Boletín REDIPE*, 10(7), 84–96. <https://revista.redipe.org/index.php/1/article/view/1349>
54. Ramos-Lizcano, C., Ángel-Uribe, I. C., López-Molina, G., & Cano-Ruiz, Y. M. (2022). Elementos centrales de experiencias educativas con enfoque STEM. *Revista Científica*, 45(3), 345–357. <https://doi.org/10.14483/23448350.19298>
55. Ramírez Figueroa, L. A. (2024). Transformando la educación en Colombia: estrategias didácticas, STEM y habilidades del siglo XXI. *Revista Huellas*, 10(2). <https://doi.org/10.22267/huellas.24102.16>
56. Ramírez Suárez, V., Acosta-Castellanos, P. M., Castro Ortegón, Y. A., & Queiruga-Dios, A. (2023). Current state of environmental education and education for sustainable development in primary and secondary (K-12) schools in Boyacá, Colombia. *Sustainability*, 15(13), 10139. <https://doi.org/10.3390/su151310139>
57. República de Colombia. (1991). Constitución Política de Colombia. Gaceta Constitucional No. 116. <https://www.corteconstitucional.gov.co/inicio/Constitucion%20politica%20de%20Colombia.pdf>
58. República de Colombia. Congreso de la República. (2012). Ley 1549 de 2012, por medio de la cual se fortalece la institucionalización de la Política Nacional de Educación Ambiental. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=48262>
59. Rodríguez Ríos, D., & Barrios Jara, N. (2024). Propuesta para el fortalecimiento de los semilleros estudiantiles de carácter científico tecnológico. *Conocimiento Global*, 9(1), 176–207. <https://doi.org/10.70165/cglobal.v9i1.354>
60. Sauvé, L. (2004). Una cartografía de corrientes en educación ambiental. En M. Sato & I. Carvalho (Dirs.), *Educação ambiental: pesquisa e desafios*. CENEAM. <https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/articulos-de-opinion/2004-10sauve.html>
61. Sepúlveda Gallego, L. E. (2025). La educación ambiental en Colombia desde la Ley General de Educación: un análisis comparativo de los marcos normativos y curriculares. *Luna Azul*, (60), artículo 7. <https://doi.org/10.17151/luaz.2025.60.7>
62. Serrano Giné, D., & Galarraga Sánchez, R. (2015). El páramo andino: características territoriales y estado ambiental. *Aportes interdisciplinarios para su conocimiento*. *Estudios Geográficos*, 76(278). <https://doi.org/10.3989/estgeogr.201513>
63. Shier, H. (2001). Pathways to participation: Openings, opportunities and obligations. *Children & Society*, 15(2), 107–117. <https://doi.org/10.1002/chi.617>
64. Siemens Stiftung. (2022). STEM education for innovation: Initiative in Latin America. Siemens Stiftung. <https://www.siemens-stiftung.org/en/projects/stem-education-for-innovation/>
65. Strimel, G. J., & Grubbs, M. E. (2016). Positioning technology and engineering education as a key force in STEM education. *Journal of Technology Education*, 27(2), 2–18. <https://doi.org/10.21061/jte.v27i2.a.2>
66. Stringer, E. T. (2007). *Action research* (3.^a ed.). Sage Publications.



67. Taylor, S. J., & Bogdan, R. (1987). Introducción a los métodos cualitativos de investigación: La búsqueda de significados. Paidós.
68. Tovar-Gálvez, J. C. (2021). Bringing environmental education to the curriculum: Practical elements emergent from teaching experiences and research. *Interdisciplinary Journal of Environmental and Science Education*, 17(3), e2236. <https://doi.org/10.21601/IJESE/9606>
69. Tschofen, C., & Mackness, J. (2012). Connectivism and dimensions of individual experience. *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 13(1), 124–143. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v13i1.1143>
70. Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
71. Wals, A. E. J., Brody, M., Dillon, J., & Stevenson, R. B. (2014). Convergence between science and environmental education. *Science*, 344(6184), 583–584. <https://doi.org/10.1126/science.1250515>
72. Walsh, C. (2012). Interculturalidad crítica y pedagogía de-colonial: Apuestas (des)de el insurgir, re-existir y re-vivir. En P. Melgarejo (Comp.), *Educación intercultural en América Latina: Memorias, horizontes históricos y disyuntivas políticas* (pp. 25–52). Universidad Pedagógica Nacional / Plaza y Valdés.
73. Whitehead, J. (1989). Creating a living educational theory from questions of the kind, 'How do I improve my practice?' *Cambridge Journal of Education*, 19(1), 41–52. <https://doi.org/10.1080/0305764890190106>
74. Zambrano Briones, M. A., Hernández Díaz, A., & Mendoza Bravo, K. L. (2022). El aprendizaje basado en proyectos como estrategia didáctica. *Conrado*, 18(84), 172–182. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442022000100172 efectiva desde los docentes colombianos. *Contextos Educativos*, (24). <https://doi.org/10.18172/CON.3519>